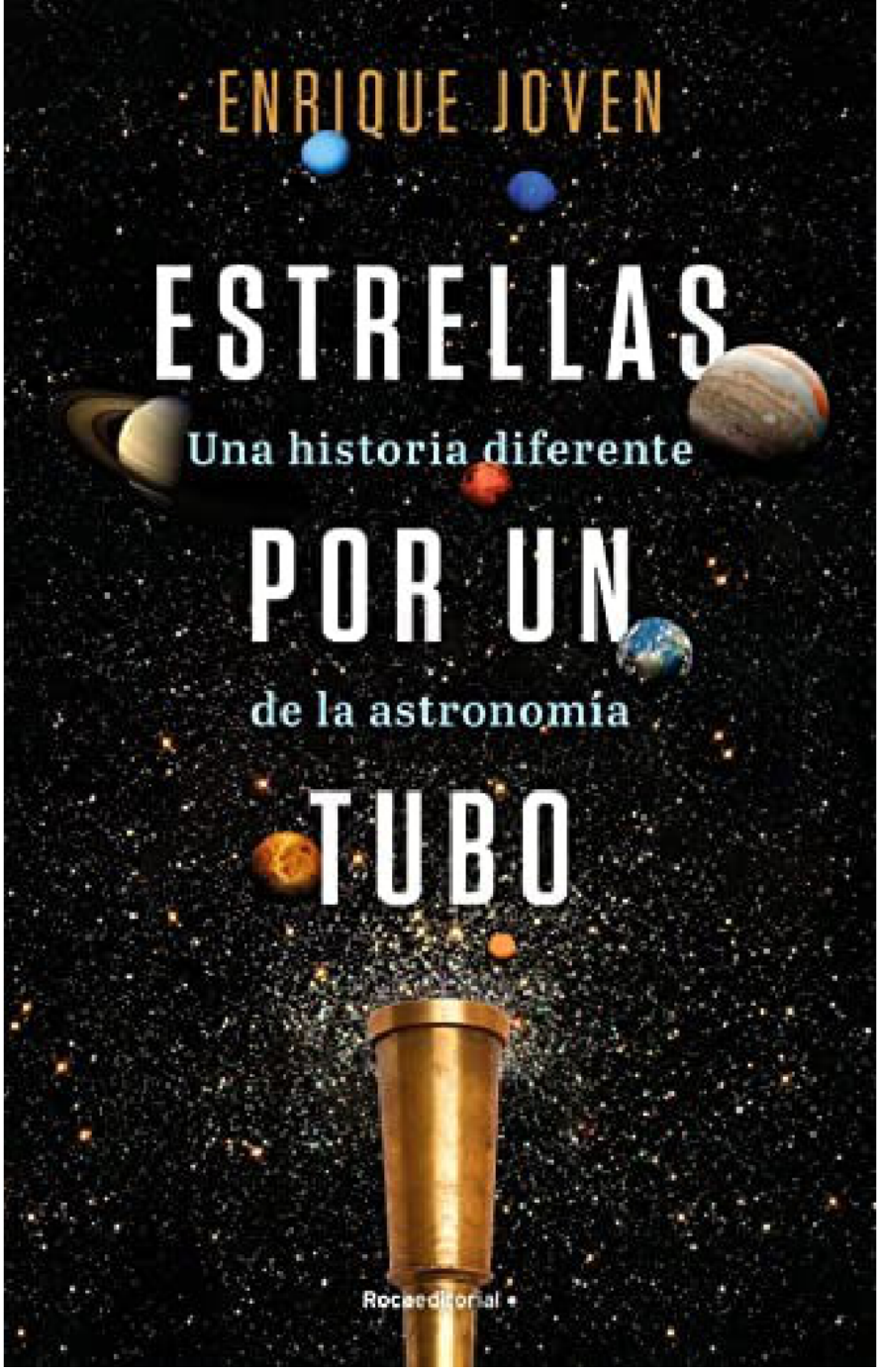
ENRIQUE JOVEN
ESTRELLAS
Una historia diferente
POR UN
de la astronomía
TUBO
Rocaeditorial

[image]

[image]

Estrellas por un tubo

Una historia diferente de la astronomía

Enrique Joven

[image]

[image]

ESTRELLAS POR UN TUBO

Enrique Joven

UNA HISTORIA DIFERENTE DE LA ASTRONOMÍA.

El astrofísico Enrique Joven, tras la experiencia que da el observar durante muchos años las estrellas, ha escrito una historia de los astrónomos en el contexto en el que vivieron y observaron el cielo con pasión para intentar comprenderlo, rescatando sus increíbles hallazgos y sorprendentes vicisitudes.

Desde la primera astrónoma sumeria, la sacerdotisa Enheduanna, que hace 4300

años apuntó en sus tablillas de arcilla las primeras observaciones, hasta nuestros días. Desde la mitología y la astrología hasta las ondas gravitatorias y los más modernos telescopios.

Hay muchos libros de astronomía, pero tal vez nunca se había contado su historia como se cuenta aquí, de forma didáctica, amena, irónica y entretenida.

De principio a fin se plantean las principales cuestiones que han intrigado al género humano desde siempre. Y muchas preguntas todavía no tienen respuestas.

ACERCA DEL AUTOR

Enrique Joven es doctor en Ciencias Físicas. En 2002 publicó su primera novela, El libro horrible.

Es autor y guionista de la serie de divulgación científica Un Programa Estelar.

Desde 1991 reside en Tenerife, donde trabaja como ingeniero sénior del Instituto de Astrofísica de Canarias y colabora en distintos medios de comunicación.

Estrellas por un tubo es la tercera obra que publica en Roca Editorial tras El castillo de las estrellas y El templo del cielo.

A Ascensión, que ya subiste a los cielos.

Qué mejor nombre podían haberte dado mis abuelos.

La historia de la astronomía es una historia de horizontes que se alejan.

EDWIN P. HUBBLE

* * *

No soy tan joven como para saberlo todo.

PEDRO M. ECHENIQUE,

premio Príncipe de Asturias de Investigación

* * *

Alguien me dijo que cada ecuación que incluyera en el libro reduciría las ventas a la mitad.

STEPHEN HAWKING

Prefacio

Resumir toda, o casi, la historia de la astronomía a estas alturas, con todo lo que hay escrito, puede parecer una locura. Y lo admito, lo es. Todavía no sé cómo me ha pasado esta idea por la cabeza, pero ya está hecho. Demasiado tarde para dar marcha atrás. Ningún escritor enfrentado a una pantalla, un cuaderno de notas y una pila de libros sabe nunca qué suerte correrá su ímprobo esfuerzo, si su obra verá la luz o se convertirá, valga el símil, en un agujero negro que succionará sin compasión cientos de horas de trabajo para terminar en un lugar desconocido. O

conocido, pero de terrible nombre para un escritor, y al que nos

referimos habitualmente como cajón (o disco duro, si nos ponemos modernos). Cajón desastre, todo junto esta vez.

Para condensar siglos de observaciones astronómicas y de las fantásticas deducciones de nuestros protagonistas hace falta algo más que paciencia.

Normalmente esta es una virtud de muchos de mis colegas, junto con la facultad de pasar frío y sueño a partes iguales. Pero a la paciencia hay que añadir algo de intriga, curiosidad, cierta gracia y la capacidad para captar el interés del lector, tú mismo, que no necesariamente tienes que ser un gran conocedor de los cielos.

Difícil lo tengo. Además, en el ámbito de la divulgación y el ensayo, a veces es conveniente llegar desnudo, sin cargas, prejuicios ni padrinos. Tiene mucho más mérito ser del agrado de los profanos que de los compañeros, de los extraños que de los colegas. Solo así se sabe que un libro ha despertado algo dormido en la cabeza del lector curioso.

Tengo que advertirte que, si esperas encontrar aquí una enciclopedia de astronomía al uso, es mejor que cambies de estantería antes de que sea demasiado tarde y hayas desenfundado ya tu cartera. Será por libros para elegir.

En este texto no pretendo interpretar ni rescribir la enésima explicación del origen del universo, ni formular la penúltima teoría acerca de su evolución y su incierto final. Ni buscar vida extraterrestre ni nada parecido a una inteligencia superior. Tampoco calcular el radio de la Tierra ni su edad geológica, ni explicarte los marcadores biológicos. Para eso tuvimos a Sagan, a Asimov y a Hawking, por citar solo a los mejores y más conocidos entre los divulgadores científicos de mi generación, y a una legión como ellos que los siguió por todos

los medios tanto escritos como audiovisuales.

Hay muchos y muy buenos libros sobre astronomía, por no hablar del aluvión de información disponible en Internet. Aunque en la red este conocimiento está indebidamente cortado, simplificado y, en ocasiones, manoseado por los jóvenes e implacables cazadores de seguidores en las redes sociales, amantes del «corta y pega», tan rápido y eficaz como insustancial. Y que a veces también publican libros. O los libros los publican a ellos. Leer cuesta, pero merece la pena. Por fortuna, numerosos lectores sobreviven incluso a Netflix.

La propuesta que te hago aquí es sencilla. En esencia, te voy a contar historias de astrónomos. Muchas. En el contexto en el que vivieron y

miraron al cielo con pasión para intentar comprenderlo. No podré ser exhaustivo, pero tampoco lo pretendo. A lo largo de los capítulos seguiré un cierto hilo cronológico, que aguantará entero si la tensión narrativa no lo rompe. Entonces enhebraré otro. Y

luego otro, y así desde el comienzo de los tiempos hasta su final, que no es poco.

Por supuesto, no basta con contar la vida de los santos para comprender su obra.

También hay que contar sus milagros y, como no siempre estos son fáciles de entender, no me quedará más remedio que adornar los cuentos con unas cuantas explicaciones y datos cuando así lo estime necesario.

Y eso con dos premisas que me he marcado y que parecen disparatadas dentro de un libro de divulgación científica. Te quiero contar cosas como si nos encontráramos en el metro o en un ascensor, no en un aula. Cero fórmulas y cero imágenes. Lo hago en aras de la claridad y del deseo de no espantarte. Si ya sabes algo de estas cosas estelares —seguro que un poco sí, porque todos sabemos algo de la Luna, del Sol y de los galácticos de la liga de fútbol, aunque no queramos—, tendrás en tu imaginario gigantescas formulaciones matemáticas incomprensibles, u otras muy cortas pero igualmente crípticas. Tampoco soy el primero en intentarlo. Como no se trata de que te den una cátedra cuando termines el libro, yo te explico lo básico. Si no lo comprendes, la culpa será solo mía.

El asunto de las imágenes es mi segundo capricho. Desde luego, poco me costaba pedir la inclusión de unas cuantas láminas de papel satinado con bonitos modelos cosmológicos antiguos, o preciosas fotografías a todo (falso) color de galaxias y nebulosas planetarias enviadas por el telescopio espacial Hubble. Pero

¿para qué? Ya las conoces. Las puedes buscar en tu móvil, en tu portátil. Google y zas. Por llevar la contraria, revertiré la manida y peligrosa expresión de que

una imagen vale más que mil palabras y te contaré lo que otros vieron. Lo que tú puedes ver.

Si todo sale como espero, pisarás las huellas de muchos otros que, con el pasar de los siglos, han contribuido a hacernos comprender —aunque sea mínimamente— la complejidad del mundo en el que vivimos y del lugar del cosmos que ocupamos. Ni siquiera sabemos si

hay otro planeta parecido al nuestro en otra estrella similar a la nuestra que pueda darnos cobijo en un futuro.

Ni otros seres semejantes a tu vecino en ese mundo ignoto, con su música ensordecedora mientras intentas concentrarte en estas primeras páginas.

Posiblemente no, es un ejemplar único y prescindible. Y tú también eres único, aunque con mejores gustos. Sonríe. En realidad, sabemos muy poco de casi nada. Mi declaración de intenciones empieza aquí. Hacerte disfrutar con la astronomía, pero sin salir de casa ni pasar frío por las noches. Junto a una estufa, un gato, o incluso con ambos.

Siguiendo con las excusas del mal escritor, en los textos utilizaré en ocasiones experiencias propias y otras cercanas, de las cuales me apropiaré, tanto profesionales como personales. Llevo unos treinta años —no relativistas—

bregando con la astrofísica, que, además de ser mi afición y devoción, es el sustento de los míos. Lo que me convierte en un hombre afortunado. Y todo esto en un doble escenario: el puramente científico-técnico y el de la no siempre agradecida pero necesaria divulgación. De lo uno y lo otro aprovecharé conocimientos y escritos, colaboraciones y artículos, fuentes y recursos bibliográficos míos y de muchísimos otros. Una vez que he transitado con gusto por el campo de la novela de ficción científica, me veo en la obligación —no sé si moral— de ponerme serio —lo justo— y afrontar este volumen. Allá con su conciencia aquellos que me han animado en el proyecto.

I

Érase una vez

Supongamos que pasamos una noche de verano al aire libre. Acampamos.

Alrededor de un fuego contamos historias. Miramos hacia arriba con una brizna de hierba en la boca y conversamos. Ha sido un día duro pero placentero, una larga caminata bajo el ardiente sol. Es hora de descansar tras una reparadora cena. Brilla la luna. No tenemos sueño —estamos cansados pero despejados como el cielo— y fijamos nuestra vista en la infinidad de puntitos luminosos que pueblan las alturas. Y así, antes como ahora, empezamos a pensar.

Esta escena no tiene fecha. Es completamente atemporal. Podríamos ser griegos, romanos, francos o visigodos. Egipcios, chinos o

babilonios. Incluso cosas más extrañas: castellanos, canarios o murcianos, tejanos o uruguayos, birmanos, mayas o maoríes. Cualquier ser humano en cualquier época sobre nuestro maltratado planeta azul puede asistir, ayer, hoy o mañana —hasta una fecha todavía lejana por determinar—, a una escena parecida.

Los tres elementos comunes (sol, luna, estrellas) están allí desde siempre o, al menos, desde que el ser humano puede utilizar el término «siempre», que son unas pocas docenas de miles de años. El concepto tiempo, en la escala astronómica, deja al hombre en muy mal lugar. Hemos llegado tarde y quién sabe si mal. Pero desde que tenemos conciencia de lo que somos, ya desde el principio, nos hemos percatado de que nuestra vida no vale nada sin esa esfera luminosa que dimos en llamar «Sol», (que nos alumbra y calienta durante el día), y que por la noche es reemplazada por otra esfera (que, curiosa y casualmente, tiene aproximadamente el mismo diámetro y tamaño aparente que la primera) menos brillante y luminosa que dimos en llamar «Luna». Para acompañar a esta, unos cuatro mil puntos brillantes —mal contados, a simple vista— que fueron llamados «estrellas» y constituyen el tercer elemento, el firmamento.

Las estrellas aparecen también en la fase nocturna y, avispándonos un poco,

incluso podemos distinguir entre todas ellas solo cinco un tanto especiales que, por el carácter errático de sus movimientos contracorriente, nuestros ancestros denominaron «planetas». Hasta aquí, miles de años de historia de la astronomía contada para principiantes. Con poco más, te dejan entrar en la universidad hoy en día.

He escrito esta descripción de una forma deliberadamente grotesca, con el fin de ilustrar la magnitud de nuestra ignorancia con respecto a la astronomía. Al menos, para quien no ha leído este volumen todavía. Quien dice ignorancia, dice ingenuidad, que no son la misma cosa, aunque ambas —más la segunda que la primera— se solucionen con la edad. ¿Has visto la película El Rey León?

Seguramente, y más si tienes hermanos pequeños, hijos o nietos. La edulcorada versión de Disney dibuja, literalmente, la escena descrita. Y me gusta mostrarla en las charlas que de vez en cuando imparto a grupos de niños y niñas de siete y ocho años. En el fragmento de la película que proyecto durante estos talleres aparece el protagonista, el pequeño cachorro felino Simba, acompañado de sus inseparables amigos, una comadreja y un jabalí. Nunca entenderé el porqué de esta

elección tan estrafalaria, de la misma forma que nunca recordaré sus nombres por más que reproduzca la escena. Los tres amigos se preguntan, tal y como hacemos los humanos —los dibujos son bichos antropomorfos y piensan y actúan como nosotros, y así les va—, qué son las estrellas. El leoncito argumenta que son las almas de sus antepasados, que son como dioses subidos a los cielos.

La comadreja, que es la que lleva el porro en la boca, dice que no son más que luciérnagas nocturnas, y, finalmente, el gorrino dice que son enormes bolas de gas incandescentes situadas a distancias inimaginables. Llegados a este punto, detengo la proyección del vídeo y hago una encuesta entre el atento público infantil: «¿Quién lleva razón?». El resultado del escrutinio de las manos alzadas nunca falla. Más de dos terceras partes del respetable piensa que las estrellas son almas o dioses, unos cuantos que son luciérnagas, y solo unos pocos niños concluyen que la estrambótica idea de que son enormes masas de gas radiando luz y calor desde enormes distancias es la correcta.

Y no me sorprendo nunca del resultado.

Obviamente, los niños no han empezado a estudiar astronomía y se guían por su instinto infantil, que no es muy diferente del que gastaban nuestros más lejanos ancestros en plena edad adulta. Para eso me invitan a dar la charla, para que los tiernos infantes den sus primeros pasos en la comprensión del mundo que los rodea. Y merece la pena, no solo por la estupenda botella de vino canario que me

regala el maestro como cortesía por mi tiempo, sino por la siembra de la semilla científica en tan agradable barbecho que, con el pasar de los años, dará sus frutos.

¿En qué pensaban nuestros antepasados cuando miraban al cielo? En dioses, por supuesto. Alguien tenía que haber hecho aquello, en un día o en varios, y además de forma muy cuidadosa, porque todo se repetía de forma regular, exacta y predecible. Incluso, tal vez, esos astros fueran los mismos dioses. Brindemos por ello.

Los principales actores de la astronomía antigua —desde hace unos seis mil años que se tienen registros— son el Sol, la Luna y las estrellas. También el movimiento relativo de los mismos, que trajo a maltraer a sabios y ricos, tontos y pobres, hasta hace apenas cuatro siglos. Con el Renacimiento, las cosas se ordenaron un poco. Y a partir de entonces nos fuimos ocupando de otros asuntos más complicados hasta llegar a nuestros días, en los que invertimos mucho tiempo, escaso dinero y abundante café en buscar un destino donde ir en el

más allá, antes de morirnos aquí tal y como nos anticiparon los inefables mayas.

Cuentan los que saben que las primeras pistas sobre cómo se veía e interpretaba el cielo se las debemos a los babilonios (en la antigua Mesopotamia, el actual Irak) y a los chinos. Los segundos formaban, forman y seguramente formarán un gigantesco imperio hermético con poca transmisión de información, salvo cuando no les queda otro remedio. Como me fascina más la historia de China, empezaré por Occidente, para crear tensión narrativa.

Se cree que fueron los sumerios los primeros que apuntaron algo al respecto con su recién estrenada escritura cuneiforme, en sus tablillas de arcilla, en el cuarto milenio de la época precristiana. Y ya de entrada, hay que citar sin anestesia al primer astrónomo de la historia. Que coincide, pásmate, con una de las primeras mujeres conocidas por su nombre —en realidad, su sobrenombre— y también con la primera autora de un escrito firmado. ¿Cómo te quedas?

Hablamos de la «alta sacerdotisa y adorno del cielo», Enheduanna. Vivió en Ur, junto a lo que hoy es el golfo Pérsico, hace nada menos que 4300 años. Era hija de reyes —esto le facilitó las cosas bastante, porque siendo mujer poco tenía que hacer en aquella época salvo parir hijos—, y se supone que fue la responsable de dictar algunas leyes en Babilonia que fomentaron el estudio de la astronomía en

sus templos. Sus poemas eran himnos religiosos, y los firmaba, de ahí que su nombre haya llegado hasta nosotros. Una pieza fundamental de su recientemente conocida obra literaria es el culto a la diosa Inanna, asociada con el planeta Venus. También se cree que gracias a Enheduanna se esbozaron los primeros mapas estelares, se apuntaron los movimientos celestes y vio la luz algo así como el primer calendario religioso.

Los asirios y caldeos, o tal vez los acadios (así llamaban los griegos, nuestra fuente de referencia moderna de la historia antigua, a todos los pueblos mesopotámicos de forma genérica, de la misma forma que los estadounidenses te llaman latino ya seas de Teruel o de Jalisco), apuntaron de forma precisa efemérides (bonita palabra que designa la posición de un objeto astronómico en el cielo) y crearon su propia cosmogonía con sacerdotes especialistas en la interpretación de los astros. Digamos que inventaron la astrología. Y el invento perduró, perdura y… dejémoslo aquí.

Según esta cosmogonía primigenia, el jefe de su movimiento religioso

era un tal Marduk. Su genealogía nos indica que era hijo de Ea y de Ninhursag, padre de Nabu, esposo de Sarpanitu y cuñado de vete a saber quién porque la escritura cuneiforme no es lo que se dice muy clara. Pero lo más interesante de Marduk es que ya los babilonios lo asociaban con Júpiter, el planeta con mayor brillo regular. Griegos y romanos heredaron esta elección, el dios Zeus para los primeros y… el dios Júpiter, obviamente, para los segundos. Marduk no era el único dios astronómico. Se le identifica también con los nombres de Shamash y Utu; era el dios de la Justicia —el tercer poder ya por aquella época—, representado con una figura del Sol. Un sol que tenía ocho puntas, como los que dibujan nuestros hijos pequeños.

Siguiendo con la extraña cosmogonía babilónica, Marduk habría derrotado a Tiamat —la diosa primordial, monstruo del caos, mujer y malvada, como es costumbre en las antiguas narraciones que ahora ofende leer— partiéndola en dos. Debe de doler. La representación habitual de Tiamat era una dragona, así que tan originales no somos en Juego de Tronos. De su mitad superior surgiría el cielo, y de la inferior, la tierra firme. No es necesario precisar que, por aquellos años, la mayoría de las personas eran terraplanistas convencidas.

El legado más interesante de la temprana astronomía babilónica son las llamadas Enuma Anu Enlil, unas setenta tablillas a las que todo el mundo —unas pocas docenas de personas, sinceramente— conoce por la sigla EAE. No se ha

completado su traducción porque se las trae, pero parece que las primeras tablillas tienen que ver con la Luna y sus fases; las siguientes, con los eclipses lunares, el Sol y los eclipses solares —que son la obsesión de todo astrólogo de fundamento—; luego se dedican a explicar distintos fenómenos como tormentas y terremotos, y terminan contándonos cosas de las estrellas y las constelaciones de la época.

Este conjunto de enigmáticas tablillas de barro se ocupa más de interpretar los fenómenos celestes que de la astronomía en sí, pero una cosa lleva a la otra. Los aproximadamente quinientos presagios que contienen y que intenta compilar el Proyecto de Textos Neo-Asirios —que se centraliza en Finlandia, no me preguntes por qué— son bastante ambiguos, como es normal. Ningún astrólogo se jugaría su pescuezo por dar en el clavo, ni antes, cuando era en verdad peligroso, ni ahora, aunque hoy su lucrativa práctica desgraciadamente ya no conlleve ni tan siquiera una multa. Así que los babilonios podían escribir vaguedades tales como «Si la luna usa una corona, el rey aumentará su poder», sin ponerse colorados.

De este formidable legado babilónico destaca la número 63, la llamada Tablilla de Venus de Ammisaduqa, con una lista de las salidas y puestas de Venus durante un ciclo de veintiún años. Es el primer registro conocido del movimiento periódico de un astro. Y se ha utilizado como referencia temporal, ya que permitió a los historiadores, una vez conocidos los ciclos de Venus, ubicar los reinados del tal Ammisaduqa y sus compañeros de dinastía entre los años 1700 y 1600 a. C., y tal vez el movimiento de sus dineros. La preciosa tablilla 63 está, cómo no, en el Museo Británico de Londres, que no tiene mucho interés en devolverla a sus legítimos dueños.

La astronomía comenzaba a tomar cuerpo. Sin abandonar las regiones entre el Tigris y el Éufrates, poco a poco mejoran las observaciones al impulso de la necesidad para la adivinación demandada por los sucesivos reyes. Durante el reinado de Nabonassar, en el siglo VIII a. C., queda determinado el intervalo de dieciocho años entre dos eclipses, aunque este descubrimiento se suele atribuir al astrónomo caldeo Beroso, unos siglos más tarde. Este ciclo de 18 años, 11 días y 8 horas es un periodo en el que Luna y Tierra repiten posición en sus órbitas respectivas, pudiendo repetirse también los eclipses. Ahora llamamos a este periodo «Ciclo de saros», ya que «saros» era una de las unidades de medida en Babilonia usada por los caldeos, básicamente porque no conocían el área de un campo de fútbol.

Además de la identidad de Beroso, nos han llegado los nombres de otros astrónomos caldeos como Naburiano, que calculó distintas efemérides en nuestro sistema solar, y Cidenas, que fue capaz de pergeñar la hoy llamada teoría de la precesión de los equinoccios, que perfeccionó siglos después Hiparco. Esta teoría describe el cambio en la orientación del eje de rotación de la Tierra, que dibuja un cono similar a una peonza para terminar dando una vuelta completa cada 25.776 años exactamente. Este efecto hace que, por ejemplo, el polo norte celeste se mueva con relación a las estrellas (ahora nuestro eje está casi apuntando a la Estrella Polar, pero se mueve como ya hemos visto). También las coordenadas de las estrellas, vistas desde la Tierra, deben corregirse debido a este efecto. Que 340 años antes de Cristo el bueno de Cidenas se percatara de este fenómeno merecía, qué menos, el nombre de un cráter lunar. El elegido para el homenaje tiene 56 kilómetros de diámetro y una profundidad de unos 2500

metros, y está en la cara oculta de la Luna.

Otros nombres de ilustres astrónomos apenas han llegado hasta nuestros días.

Citemos también aquí a Sudines que, como los anteriores, era adivino a la par que matemático. Su principal habilidad, además de observar los cielos, era la de interpretar las vísceras —su especialidad era el hígado— de los animales sacrificados como ofrenda a los dioses. Su rey, Átalo (200 a. C.), lo tuvo en gran consideración puesto que gracias a una artimaña conjunta insufló moral de victoria a sus tropas en una batalla contra los gálatas. Todavía no se habían inventado las anfetaminas.

Por aquella época, en Grecia ya brillaba Aristarco con luz propia entre los grandes astrónomos, el primer hombre que se atrevió a proponer el modelo heliocéntrico colocando al Sol en el centro del universo conocido. Pero antes de pasear por la cuna de nuestra civilización occidental todavía tenemos algunos lugares que visitar.

Si uno busca y rebusca información acerca de los primeros astrónomos, suele encontrarse con introducciones arqueoastronómicas. En la actualidad, la arqueoastronomía tiende a considerarse como un conjunto de disciplinas, de las que la astronomía es solo una de ellas. Y es cierto que hay mucho de antropología en las observaciones estelares, en cómo interpretaban las distintas culturas los fenómenos celestes. El noventa por ciento —o más— de los libros de astronomía ilustran su primer capítulo con los conocidísimos círculos de Stonehenge. Ya sabes, ese montón de megalitos —piedras gordas, sin que nadie

se ofenda— que levantaron y colocaron de forma estratégica a finales del Neolítico al sur de Inglaterra, entre los años 3000 y 2000 a. C.

Sobre la finalidad de esa extraña construcción, muchos suponen que fue algo parecido a un observatorio astronómico —con permiso de Mauna Kea, Paranal y El Roque de los Muchachos— que permitía a los primeros habitantes de la Pérfida Albión predecir las estaciones. También fue un complejo funerario, posiblemente reservado para sus miembros más selectos. Enterrarse en un observatorio es tan exclusivo o más que hacerlo en una catedral o en una pirámide, y buenos ejemplos hay de ello. Sin ir más lejos, el estadounidense James Lick (que falleció en 1876) descansa eternamente bajo su telescopio, el mayor de tipo refractor que se haya construido. James Lick, que amasó su fortuna fabricando pianos hasta convertirse en el hombre más rico de California

—como ahora Bill Gates, fabricando ventanas—, pagó la construcción del observatorio, del telescopio y de su sepultura.

Volviendo a Stonehenge, se ha comprobado que durante el solsticio de verano el Sol atraviesa el eje de la construcción en su salida, y de ahí se ha querido inferir su naturaleza astronómica. Otros especulan con la alineación de las enormes piedras con el Sol, la Luna y varias estrellas hasta lo que da de sí la imaginación, que no es poco si hace calor y te has tomado algo. Las fiestas populares que se celebran allí durante la noche del solsticio para dar la bienvenida al verano no se caracterizan precisamente por su sobriedad. En 2008 un equipo interdisciplinar de investigadores descubrió que, si uno gira 180 grados hacia donde se pone el Sol en el solsticio de invierno, hay un accidente geográfico natural con la misma alineación. Es decir, que pudo construirse así por un simple azar. En cualquier caso, había que dedicarle unas líneas aquí. Emplazamientos similares en cuanto a su supuesta o fielmente comprobada función astronómica pueden encontrarse en muchos lugares del mundo, tan distantes entre sí como Egipto, Camboya, México, Alemania o los mismos Estados Unidos de James Lick.

En Egipto, si dejamos de lado el complejo de las pirámides de Guiza, el más famoso sin duda es Abu Simbel, el templo levantado por el faraón Ramsés II para celebrar su victoria en Kadesh, allá por el año 1270 a. C. Está dedicado no solo al propio Ramsés, sino también al culto de Amón, Ra y Ptah. El primero es el dios de la creación, que no es poco, y como tal fue asociado con Zeus en Grecia y Júpiter en Roma. El segundo, Ra, es el dios del cielo y del Sol, que tampoco es cosa menor. En ocasiones los veneraron de forma conjunta, unión

denominada como Amón-Ra, el dios solar creador. El orden de los factores altera el producto en este caso, y me viene a la memoria una viñeta, leída en mi niñez, del gran dibujante español Ibáñez en la que los personajes del Mortadelo adoraban a Ra-Amón, con el consiguiente regocijo del lector. Finalmente, para completar la terna, Ptah era un dios del inframundo. Se le asocia en Grecia con Hefesto y en Roma con Vulcano.

La particularidad del fabuloso templo de Abu Simbel es que se construyó de tal forma que 61 días antes y después de los solsticios los rayos solares incidían hasta el fondo del templo iluminando todas menos una de las grandes estatuas de su interior. El perjudicado era el dios Ptah, que se quedaba a dos velas. Escribir sobre el antiguo Egipto es una tarea faraónica por naturaleza, y no me puedo permitir entrar en ella con la seriedad y profundidad que merece. Pero debo mencionar el famoso techo astronómico de la tumba de Senenmut, el canciller real —y tal vez algo más— de la reina Hatshepsut alrededor del año 1500 a. C.

En él aparecen representadas algunas constelaciones asociadas con elementos sagrados egipcios. También en la tumba del faraón Seti I hay decoraciones parecidas, así como en las de Ramsés VI y Ramsés IX.

A diferencia de lo que ocurría en Mesopotamia, en Egipto las observaciones astronómicas no pretendían adivinar nada, aunque sí las usaron para determinar las inundaciones anuales debidas a las crecidas del Nilo. Los antiguos egipcios elaboraron un calendario que tenía su base en el llamado «orto helíaco» de la estrella más brillante, Sirio. El «orto» es simplemente la primera aparición de una determinada estrella por el este después de haber estado invisible gran parte del año. Ese primer día, la estrella de referencia apenas aparece, puesto que la salida del Sol la oculta de inmediato, pero al ir aumentando con los días la distancia angular entre Sirio (la diosa Sotis) y el Sol, la estrella será visible durante más y más tiempo.

Además de Sirio, los antiguos egipcios prestaron también especial atención a los ortos de los llamados «decanos», 36 grupos de estrellas que, a modo de pequeñas constelaciones, marcaban los comienzos de las horas nocturnas. Estos ciclos de los decanos los explica el conocido como Libro de Nut, que también contiene textos mitológicos sobre las divinidades egipcias. Nut es la diosa que crea el universo y los astros, como Rea más tarde para los griegos. Habría sido la madre de Osiris, Isis e incluso de Ra.

Volvamos al importante asunto del calendario. La estrella Sirio (Sotis) marcaba

el inicio del año, coincidía con el verano y, para más inri, con el comienzo de las inundaciones del Nilo. Tantas cosas juntas tenían que ser asunto de los revoltosos dioses, con Sotis a la cabeza. Se cree que el calendario egipcio apareció alrededor del año 3000 a. C. y es el primer calendario solar conocido. Y

no estaba mal pensado ni calculado, puesto que se dividía en doce meses de treinta días, con tres «semanas» de diez días. Que la semana fuera más larga los hacía trabajar más, pero es que las pirámides no se levantaban solas. Al final del año añadían los cinco días llamados «epagómenos» (se los dedicaban a los dioses, lo que para nosotros son las vacaciones navideñas, aunque las suyas eran del 24 al 28 de agosto); así completaban los 365 días del año astronómico.

Después de observar concienzudamente las salidas anuales de Sirio, descubrieron que cada cuatro años se retrasaba un día. No era mucho

pero sí importante, porque implicaba que un año tenía 365,25 días, o 365 días y seis horas. Supongo que esto te suena familiar.

Preocupados por este asunto, los llamados «hierográmatas» se reunieron bastantes siglos después en la ciudad portuaria de Canopus (el año 238 a. C.) para intentar buscar una solución. Estos señores de nombre casi impronunciable eran una mezcla de astrónomos, letrados y sacerdotes. Sabios. Y propusieron añadir cada cuatro años un día más, para así cuadrar el círculo de Sirio y, de paso, el de la posición variante de Venus, asociado a la diosa Isis, una de las más influyentes a la que no interesaba contrariar. Lo curioso es que esta reforma fracasó por rencillas entre los propios sacerdotes y nunca se llegó a implantar.

Y hubo que esperar hasta los romanos —al emperador zaragozano César Augusto en el año 22 a. C.— para que entrara en vigor en Egipto el calendario juliano con su año bisiesto, casi casi tal y como lo conocemos hoy. Para quitarnos el «casi casi» de encima, hay que esperar sentados a la Iglesia, al papa Gregorio XIII y a Christopher Clavius, y todavía no le hemos dado tiempo a nacer a Jesucristo.

Estamos escribiendo de los albores de la astronomía en la historia y tenemos que ponernos a hablar ahora del fin del mundo. Dicho así, tiene su gracia, el principio del fin. No tiene tanta. Estoy redactando estas primeras notas en días difíciles, mientras la pandemia de la Covid-19 hace estragos en todo el mundo y apenas nos permite salir de casa. Cuando casi la única forma de conectarnos con el exterior es Internet, resulta grotesco que tu propia hija de once años te pregunte aterrorizada qué dijeron los mayas, que están anunciando los youtubers

que el fin del mundo se acerca y que le compre ya el perro de una vez, por si las moscas. Así que debo incluir aquí algo sobre la astronomía practicada por esta civilización prehispánica con nombre de abeja. Por si las moscas.

La civilización maya aparece alrededor del año 2000 a. C., aunque sus primeras ciudades se establecieron hacia el año 750 a. C. en la región conocida como Mesoamérica (lo que hoy es el sur de México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras). Desarrollaron una enorme cultura que no fue conocida en el resto del mundo hasta que los europeos descubrieron y pisaron América, encabezados por el ahora malvado y otrora héroe popular Cristóbal Colón.

Destacaron por su arquitectura, su escritura y sus conocimientos en

astronomía, que en muchos casos están muy relacionados. Su extraña escritura (formada por glifos) es principalmente fonética, con signos que representan sílabas. Casi tan enrevesada y complicada como los jeroglíficos egipcios, no se pudo descifrar hasta finales del siglo XIX y, cómo no, los primeros textos tenían que ver —por fortuna para nosotros— con el calendario y los cielos.

Todavía hay un buen número de textos mayas sin traducir, y, además, la mayor parte de documentos precolombinos fueron destruidos, en concreto por la mano dura del obispo de la provincia de Yucatán, el emeritense Diego de Landa, un franciscano con bastantes malas pulgas entre sus hábitos, tanto los de vestir como los de actuar. En uno de sus procesos inquisitoriales (en 1562), ordenó recopilar y quemar todos los códices mayas, por paganos y herejes. Y eso que no los entendía. Según De Landa, se quemaron en ese auto de fe unos veintisiete libros, un gran número de códices, figuras religiosas, ídolos y templos, además de a los propios indígenas.

Tres libros escaparon de la quema. Los conocemos como los Códices de Madrid, de Dresde y de París. El alemán es el más completo: sus 39 hojas contienen un buen número de efemérides de todos los planetas conocidos hasta entonces (especialmente de Venus, también llamado Xuxek o la «estrella avispa», planeta con el que los mayas tenían especial obsesión, ya que lo consideraban un dios guerrero y, por tanto, influía en el resultado de sus batallas), tablas de eclipses solares y lunares, y calendarios proféticos.

Los mayas llegaron a desarrollar tres calendarios; el más famoso y enrevesado es el llamado Cuenta Larga. Una de sus peculiaridades es que no es un calendario cíclico, o repetitivo como los nuestros, sino absoluto, que tiene su origen en el equivalente al día 11 de agosto del año 3114 a. C. (posiblemente la fecha en que

ubicaron en su mitología el nacimiento del violento Venus) y que termina para volver a empezar el 21 de diciembre de 2012, y de ahí la paranoia colectiva.

Pero esa fecha ya ha pasado y lo estamos explicando tan alegremente, así que algún problema debía de haber o en los números o en las cabezas de los mayas.

Y es que las explicaciones sobre cómo funciona son algo complejas. Te daré unas pinceladas para que te hagas una idea. Para un maya, los días kin se agrupaban en lotes de veinte unidades o uinal. Estas, en grupos de dieciocho llamados tun. Y a su vez, estos en bloques de

veinte, los katun. Por último, veinte katun hacían un baktun. Si multiplicas todo lo anterior verás que son 144.000 días. Todavía tendrás que multiplicar por trece para llegar hasta el final de la singular cuenta. En resumen, que todo este galimatías sin demasiado sentido astronómico nos da un equivalente a 5125,36 años desde el principio al final de la dichosa Cuenta Larga.

Lo más curioso es que los mayas en ningún momento dejaron constancia de que el mundo se terminara pasado ese período; más bien al contrario, parece que llegar al fin de un ciclo completo sería motivo para ellos de una gran celebración. No sobrevivieron para explicarlo. Así que olvídate de toda esta tontería que acabo de escribir y, sobre todo, bloquea en todas tus redes sociales a aquellos que argumentan errores y correcciones a la fecha estrepitosamente fallida del fin del mundo. El alcance de la profecía y la histeria colectiva fueron tales que hasta la NASA tuvo que publicar en 2012 un artículo y un vídeo explicativos. Merecen la pena.1

Todos los pueblos que he mencionado y otros que no, además de los chinos y, por supuesto, los griegos, se dieron cuenta fácilmente de que las estrellas permanecen inmóviles unas con respecto a las otras, con las cinco excepciones de Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Recordar puntos brillantes sobre un fondo negro es sencillo si los asociamos a dibujos de formas conocidas. Estas líneas imaginarias que unen grupos de estrellas dan lugar a las constelaciones.

Resulta chocante que este concepto de invariabilidad del universo esté completamente errado, porque ni todas las civilizaciones dibujaban lo mismo —

hay muchos estilos artísticos derivados del puntillismo como sabes—, ni las estrellas están quietas —tienen un «movimiento propio», aunque insignificante en nuestras escalas temporales y espaciales—, y ni tan siquiera son grupos —

porque nuestros antepasados no tenían ni idea de la distancia a la que se encontraba cada una.

El movimiento propio es debido a que las estrellas se mueven a velocidades diferentes en relación con nuestro sistema solar en particular, y al centro de la Vía Láctea en general. De nuestras estrellas cercanas, solo unas 200 se mueven algo rápido. La más veloz es la Estrella de Barnard, la cuarta más cercana a la Tierra, que se desplaza a 10,3 segundos de arco por año. Para darte un número más sencillo, esto equivale a cruzar el diámetro lunar en… 180 años.

Edward Barnard fue un excelente fotógrafo y astrónomo estadounidense que hizo un pequeño capital descubriendo cometas. Cazar un cometa en la década de 1880 se recompensaba con doscientos dólares. Descubrió ocho y se construyó una casa con su mujer. Después trabajó en el ya mencionado y necrófilo Observatorio Lick. Como muchos astrónomos relevantes, tiene un cráter con su nombre en la Luna e incluso otro en Marte, además de un asteroide. Era bastante bueno en lo suyo y le dieron de todo.

Este movimiento estelar propio cambia la forma de las constelaciones, así que los chinos y babilonios las veían un poco diferentes a como las vemos nosotros ahora, pero sin exagerar. Para lo que dura nuestra historia como humanos, nos vale considerar a las estrellas como puntos fijos en el cielo.

La primera referencia conocida a una guía de constelaciones se la debemos a los babilonios, como ya sabemos. En concreto, a un par de tablillas de arcilla que reciben el nombre genérico de Mul-Apin. Alrededor del siglo VII a. C.

transcribieron en ellas sus observaciones de unas 66 estrellas y varias constelaciones, como la que da nombre al conjunto: Mul-Apin se corresponde con la constelación conocida como «el Arado» (nuestra Osa Mayor).

La segunda lista es la elaborada por el astrónomo griego Eudocio de Cnido (390-355 a. C.), filósofo, astrónomo, médico y alumno de Platón, cuyo modelo geocéntrico apoyó años más tarde Aristóteles. Todo lo que escribió Eudocio se ha perdido, pero sus constelaciones fueron rescatadas en un poema de Arato de Solos, con el sugerente nombre de Phainomena, hacia el año 275 a. C. En un total de 1154 hexámetros, Arato describe hasta 47 constelaciones en unos versos que, según los estudiosos de los clásicos entre los que no me encuentro, tienen unas resonancias homéricas simplemente divinas. Como el gran Arato fue considerado astrónomo antes que poeta, tiene su correspondiente cráter dedicado sobre la superficie lunar. Muchas de estas 47 constelaciones habrían pasado primero por Egipto, donde es probable que las copiaran de los sumerios en la cultura babilónica. Lo más llamativo del exitoso libro de Arato de Solos es que,

dada la belleza de sus descripciones estelares, fue una de las bases sobre las que se cimentó la mitología helena.

Las constelaciones, al permanecer fijas, delimitan áreas o zonas del cielo. Los antiguos se dieron cuenta de que el Sol seguía una

trayectoria circular regular alrededor de la Tierra —luego cambiamos el modelo, no te apures—, y que alrededor de esta circunferencia (que hoy llamamos «eclíptica») se agolpaban grupos de estrellas fácilmente identificables. Esa franja se dio en llamar

«zodiaco», que en griego significa «rueda de animales», porque a la mayoría de esas constelaciones les pusieron nombres de animales, lo cual es una forma bastante simple de hacer las cosas. Aquí un león, allí una cabra, más allá un escorpión y un toro, y no nos complicamos más la existencia para una noche que salimos. También el nombre de eclíptica es razonable, ya que en esa franja de unos 18 grados de ancho, además del Sol, se mueven las cinco estrellas rebeldes ya citadas y la Luna…, y por tanto es donde ocurren los eclipses. Resumiendo, el Sol se mueve doblemente. El primer movimiento es el común de este a oeste entre día y noche, y el segundo, retrógrado, de casi un grado diario hacia el este (365 días, 360 grados), cuya proyección a lo largo del año sobre la esfera celeste traza la eclíptica. Rotación y traslación, en términos actuales.

La división de la eclíptica en los doce signos zodiacales probablemente se llevó a cabo en Mesopotamia, y muchos de sus bichos ya eran fruto del ingenio e imaginación de sagaces babilonios noctámbulos. Los griegos terminaron la tarea completando las doce constelaciones zodiacales que todos los niños recitan hoy de memoria. ¿Alguien no sabe de qué signo es? Prácticamente nadie. Prefiero ignorar la resolución de raíces cuadradas o la determinación del máximo común divisor —«cosas que no voy a usar nunca», argumentan— que no saber cuál es el signo astrológico bajo el cual nací. Que es algo francamente imprescindible en el devenir de mi vida futura y no debe faltar nunca ni en los datos de mi curriculum vitae ni en una entrevista de trabajo con Gwyneth Paltrow.

Como dato relevante, a la par que curioso, debo recordar que, en la búsqueda del origen de los nombres de las constelaciones zodiacales, participó el mismísimo Isaac Newton. El ser humano dotado del mejor cerebro que nunca haya existido sobre la faz de la Tierra —con permiso de la Paltrow— tuvo tiempo incluso para esto. Newton argumentaba que los nombres griegos provenían del complejo mito de Jasón y los argonautas, en la búsqueda del famoso Vellocino de oro. El vellocino (o cuero curtido con la lana de un carnero) sería Aries; la sacerdotisa que lo custodiaba, Virgo; el león muerto por Hércules sería Leo, etcétera. La

astronomía está llena de mitos griegos y, casi sin querer, nos hemos adentrado ya en su cultura, la cuna del saber occidental. Y con los

chinos esperando su turno.

Pasemos página.

II

Las cosas divinas

El movimiento de los astros conocidos en el cielo no fue una cosa sencilla de entender. Los griegos se dedicaron fervientemente a ello, y parte de su notable éxito en esta comprensión se debe a que, además de considerar los astros como dioses —algo de lo que no podían escapar, por más que embellecieran sus relatos

—, trataron la astronomía como una rama más de las matemáticas, lo que fue decisivo. Poner los triángulos por encima, o al mismo nivel que Dios —al que representamos con otro triángulo con un ojazo, vete a saber por qué ambas cosas

— no debió de ser fácil, aunque no consiguieran explicarlo todo. De hecho, es imposible explicarlo todo de todo. La ciencia siempre está comenzando a caminar, aunque mengüen sus presupuestos pensando ingenuamente que ya está todo descubierto. Craso error.

Y las matemáticas empezaron pronto a dar sus frutos. Al primer astrónomo griego que nos interesa ya lo conocemos: Eudocio de Cnido. Junto con Calipo de Cícico, su aventajado alumno, elaboró el primer modelo cosmológico matemático, un tanto complejo para ser sinceros. La Tierra estaba en el centro de todo y los demás cuerpos celestes se situaban alrededor de ella, anclados a veintisiete esferas nada menos. Como le parecían pocas, o tal vez por no ser menos que su maestro, Calipo añadió otras siete más. Este modelo, que fue adoptado por Aristóteles y modificado por el gran Ptolomeo para perdurar durante siglos, adolecía de no poder explicar el famoso problema del movimiento retrógrado de los planetas. Seguro que te suena, porque fue la cuestión principal durante cientos de años, y la razón para cambiar del modelo geocéntrico, con la Tierra como el corazón del universo, al heliocéntrico, que sustituye a la Tierra por el Sol en ese papel principal. Pero eso no ocurrió de forma irreversible hasta el Renacimiento.

Todos los astrónomos de todas las civilizaciones mencionadas notaron y

anotaron que las estrellas errantes —recitamos de nuevo: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno— cruzan el cielo de oeste a este cada

noche en la franja centrada por la eclíptica. Pero, de forma periódica, los planetas dan marcha atrás durante un breve período de tiempo, y eso les resultaba muy embarazoso. ¿Cómo explicar esos caprichosos tirabuzones? No había manera. Así que los griegos echaron mano de las matemáticas, de sus curvas y de la geometría, para intentar solucionar el embrollo. Y lo consiguieron a medias.

El primer avance lo llevó a cabo el citado Eudocio, que se inventó una curva llamada «lemniscata esférica» (una figura en forma de ocho, o del símbolo de infinito si lo giramos), y que se obtiene al combinar dos esferas. No encajaba bien del todo con las observaciones, pero mejoraba los resultados que se obtenían con una esfera simple. Ya era algo.

Hacia el año 310 a. C. otro astrónomo y filósofo, Heráclides Póntico, planteó algunas cosas sugerentes. La principal era que la Tierra rota sobre sí misma, acertando de plano —con perdón por la planitud— también con la esfericidad de esta, cosa que terminó de demostrar su famoso colega Eratóstenes, junto con Carl Sagan un poco más tarde. Todavía es una teoría con detractores, pero qué le vamos a hacer, no se puede llevar a todo el mundo al espacio para ver la Tierra desde arriba hasta que Elon Musk no se decida a bajar los precios. De acuerdo con esta rotación, Heráclides consideraba que el firmamento (las estrellas

«firmes») era una esfera fija alrededor de la Tierra en movimiento, lo que entraba en contradicción con el esquema inverso del ya divinizado Aristóteles.

Heráclides no fue el único en llevar la contraria al gran Aristóteles. Aristarco de Samos propuso, por vez primera allá por el año 230 a. C., que era el Sol y no la Tierra el que estaba en el centro de todo. Calculó que el Sol era mucho más grande que nuestro planeta —aunque hoy parece evidente, en aquellos siglos no lo era tanto—, así que por lógica merecía estar en el mejor lugar. Estos cálculos se basaban en la geometría y las distancias relativas del sistema Sol-Luna-Tierra.

Su modelo se perdió en alguno de los incendios de la gran Biblioteca de Alejandría, aunque sus trabajos fueron mencionados y recordados, entre otros, por el no menos grande Arquímedes. Y es que el elenco de sabios griegos es casi tan largo como el calendario maya.

Ya hemos conocido de pasada al siguiente actor en esta tragicomedia griega: Eratóstenes de Cirene. El símil está bien traído porque, además de matemático y astrónomo, Eratóstenes fue un poeta y autor teatral

notable, y además el primer

gran estudioso de Homero, el ignoto autor de los grandes poemas épicos helenos, la Ilíada y la Odisea. Como suele decirse, Eratóstenes tocó todos los palos a lo largo de su prolífica vida, que terminó, según se cuenta, de forma trágica, acorde con la naturaleza griega: dejándose morir de hambre al quedarse ciego cuando ya pasaba de los ochenta años. Antes le dio tiempo de calcular la medida de la circunferencia de la Tierra, la inclinación de su eje, e incluso de estimar su distancia al Sol; los dos primeros valores, con una precisión inverosímil.

En el primer empeño, el valor obtenido por el que fuera bibliotecario vitalicio en Alejandría habría sido de 39.614 kilómetros, frente a los 40.008 kilómetros que mide realmente, aunque su cálculo es discutible por los errores intrínsecos en las suposiciones que siguió. En cualquier caso, se quedó muy cerca. Eratóstenes lo midió en «estadios» (unos 250.000), porque las unidades métricas deportivas ya nos vienen de Grecia. Pásmate. Como no sabemos exactamente qué tipo de estadio consideró (lo normal era el olímpico de 185,19 metros, pero había otros parecidos), la medida provoca cierta incertidumbre. La inclinación del eje terrestre, obtenida igualmente por Eratóstenes, fue de 24 grados.

El método para calcular la circunferencia terrestre está tan bien explicado en el famoso capítulo de la serie Cosmos, de Carl Sagan, que sería tontería incluirlo aquí, pero por si no lo recuerdas —o eras muy joven, o no sabes quién ha sido Sagan, lo que es harto difícil—, diremos que utilizó un palito y un juego de sombras, dejando el resto del procedimiento a tu fértil imaginación o a tus ganas de documentarlo.

Además de estos números trascendentales, Eratóstenes también inventó (hacia el año 255 a. C.) la esfera armilar, un método para calcular números primos —su famosa «criba»—, y realizó un detalladísimo cartografiado del mundo conocido en su época, usando ya paralelos y meridianos. Por si esto fuera poco, en su juventud fue un bello campeón olímpico de las cinco disciplinas del pentatlón.

Todo un personaje.

¿Cuántas estrellas hay en el cielo? Esta es una de las preguntas favoritas de los pequeños, y no hay padre o madre que no haya tragado saliva al oírla. ¿Un millón, mil millones? Para salir del paso, hay quien recurre al tópico de «tantas que no se pueden contar». No es

cierto. Aunque te parezca increíble, contar estrellas ha quitado el sueño —literal y simbólicamente— a mucha gente a lo largo de la historia, al contrario que contar ovejas, que produce el efecto

hipnótico inverso.

El primer catálogo de estrellas conocido como tal lo elaboró Hiparco de Nicea, en el año 129 a. C. Un poco antes que Hiparco, otros colegas griegos —

Timocares de Alejandría con la ayuda de Aristilo, no muy conocidos salvo en su casa a la hora de la cena— habían compilado ya datos de un buen número de ellas trabajando en la famosa Biblioteca-Museo de la ciudad egipcia. Este catálogo contenía las posiciones (en coordenadas eclípticas, pues era el sistema de referencia más sencillo) de las 47 o 48 constelaciones glosadas por el poeta Arato de Solos y de unas 850 estrellas.

Este número creció más tarde hasta las 1022 estrellas recopiladas por Claudio Ptolomeo, y publicadas en su inmarcesible obra astronómica Almagesto.

Ptolomeo incluyó las observaciones de Hiparco como propias, y las completó.

Este era el número visible de estrellas desde Alejandría, similar en número —

unas 1004— al del catálogo del mejor astrónomo observacional de la historia, Tycho Brahe, antes de la aparición del telescopio a comienzos del siglo XVII.

La exactitud en las medidas de Brahe fue extraordinaria: apuntó las posiciones de sus estrellas con precisiones de medio minuto de arco (el ojo desnudo tiene un límite de resolución angular de un minuto para cualquier persona normal que no fuera Brahe) o, lo que es lo mismo, 1/60 veces el diámetro lunar.

Pero mil son pocas estrellas, y esa respuesta causa una enorme decepción en los niños. Hiparco, además de anotar las posiciones de las estrellas, las clasificó por su brillo en seis grupos. Esa clasificación ha perdurado hasta hoy. La escala no es lineal, sino que está basada en una progresión geométrica de los brillos frente a una aritmética de la magnitud que se le asigna. Para entenderlo fácilmente, si una estrella brillaba cien veces más que otra, su magnitud era cinco veces menor.

Hiparco hizo esto de forma aproximada, pero el astrónomo británico Norman Pogson le puso la fórmula matemática alrededor de 1860 desde su observatorio de Madrás, en la India colonial, para mantener la coherencia con los datos antiguos. Este trabajo, cómo no, se premió con el cráter lunar de rigor y un asteroide extra. La relación final entre el brillo de dos estrellas de magnitudes consecutivas es hoy 2,512, un número irracional, como tu vecino.

A simple vista, podemos ver —podrás tú, porque yo soy miope— en una noche muy oscura y con el ojo muy bien entrenado, estrellas hasta de magnitud +6. El número de estrellas con estos brillos es de algo más de 7000, con la egipcia Sirio

a la cabeza, tan luminosa que incluso tiene magnitud negativa. Y eso suponiendo que pudieras ver todo el firmamento al mismo tiempo. Ya hemos subido un poco la cifra inicial, pero tampoco mucho. Con la invención del telescopio las cosas cambiaron radicalmente. Basta usar uno con características solo un poco mejores a los de Galileo para llegar a… 300.000 estrellas. Y con la invención de la fotografía, los números se volvieron locos.

A finales del siglo XIX se puso en marcha un proyecto colosal liderado por Francia: fotografiar y cartografiar completamente el cielo. La formidable empresa recibió el nombre de Carte du Ciel, participaron en ella hasta veinte observatorios distribuidos por todo el mundo, y no se dio por terminada —

realmente no se llegó a completar, pero casi— hasta 1964. Impresionaron más de 22.000 placas fotográficas de vidrio que contenían las posiciones de estrellas al menos de hasta magnitud +11. En total, registraron unos 4,6 millones de estrellas, cuyas posiciones y brillo anotaron en 254 volúmenes impresos de datos brutos. Una diversión impagable para los implicados, y una fortuna para la familia Faber-Castell, que supongo vendía los lápices. A pesar de no haber podido terminar su trabajo (los métodos astronómicos empleados quedaron obsoletos con el paso de los años, y los datos resultaban inmanejables), el promotor del complicado proyecto, Ernest Mouchez, también tiene un cráter en la Luna. Y una calle en París, porque supongo que no quedaban, o no quisieron darle también un asteroide.

Los números no paran de crecer. En honor a Hiparco de Nicea, la Agencia Espacial Europea (ESA, en inglés) bautizó un satélite astrométrico cuya misión empezó con su lanzamiento en 1989 y terminó en 1993. Con los datos obtenidos por el Hipparcos (acrónimo de High Precision Parallax Collecting Satellite), confeccionaron nuevos

catálogos estelares. El llamado Tycho-2 —huelga explicar el porqué del nombre— contiene los datos de unos 2,5 millones de estrellas.

El sucesor natural de Hipparcos es Gaia, una sonda espacial lanzada en 2013; desde el llamado «punto L2 de Lagrange» (lugar idóneo para observar el universo, ya que ese satélite artificial orbita el Sol a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra, a la misma velocidad que el planeta y quedando oculto de la estrella), Gaia ha producido el catálogo de estrellas más preciso hasta la fecha, con mediciones de casi 1700 millones de ellas hasta magnitud +20. Y así, ¿hasta dónde? Quién sabe. Nuestra galaxia, la Vía Láctea, contiene unos 300.000

millones de estrellas, entre ellas nuestro ridículo Sol. Y el número de galaxias en

nuestro universo observable puede que sea de más de dos billones —dos millones de millones— y que contenga cantidades similares de soles. Así que multiplica si tienes valor y una calculadora con batería suficiente.

Tras este mareo de cifras y números, nos conviene relajarnos y filosofar un poco.

Y es que me toca hablarte brevemente de Aristóteles. De su vida y milagros poco puedo contarte que no sepas ya, porque seguro que lo has estudiado hasta el aburrimiento en el bachillerato. O eso espero. Las prolíficas ideas del padre de la filosofía occidental dominaron el mundo durante siglos.

En lo que concierne a la astronomía, Aristóteles adoptó el modelo previo de Eudocio de Cnido: una Tierra inmóvil en el centro, con el Sol y los demás planetas girando en torno a ella en distintas esferas. Un cosmos esférico y finito.

En la esfera más cercana a la Tierra está incrustada nuestra querida Luna. Por debajo quedan los consabidos cuatro elementos —tierra, fuego, aire y agua— y la corrupción en todas sus formas, incluyendo la política (y no es broma esta vez).

El mundo supralunar, sin embargo, es incorruptible. Perfecto. Y está compuesto por los objetos celestes sujetos en sucesivas esferas concéntricas de purísimo éter hasta la más externa de ellas. El primer motor inmóvil, ¿Dios?, acciona la primera esfera, la de las estrellas fijas, y sucesivos motores hacen girar las sucesivas esferas con los planetas. El mayor problema en todo esto, tan bien pensado como hermoso en su diseño, era el número de las esferas. Debido al ya

mencionado movimiento retrógrado de los planetas, antes de Aristóteles hacían falta ya 33 para explicar aproximadamente estos movimientos. Aristóteles va más allá y sube el número de esferas, «motores» o «dioses» hasta 55. Todos inteligentes y buenos, como los delfines.

Ya en la época cristiana (en el siglo II d. C.) el astrónomo Claudio Ptolomeo perfecciona el modelo aristotélico, especialmente en su formulación matemática.

Ptolomeo vivía y trabajaba en Alejandría, la cuna del saber de su tiempo. Su obra magna es el antes citado Almagesto —El más grande, o Composición matemática, dependiendo de su traducción—. Como muchas otras obras griegas, solo se preservó en su traducción árabe, de ahí su nombre. Son trece volúmenes que recogen principalmente el sistema geocéntrico, pero también los equinoccios (fechas en las que el Sol está en el plano del ecuador celeste), los solsticios (fechas en las que el Sol alcanza su mayor o menor altura aparente en el cielo),

las fases de la Luna, la predicción de eclipses, el ya mencionado catálogo estelar (incluyendo por primera vez algunas estrellas del hemisferio sur) y, finalmente, el método para calcular las posiciones y trayectorias de los planetas.

Para ajustar las observaciones, Ptolomeo echa mano de un invento matemático de Apolonio de Perga, el geómetra griego que, alrededor del año 200 a. C., no solo dio nombre a las famosas secciones cónicas (elipse, parábola e hipérbola), sino que además ideó el modelo del «epiciclo-deferente». En esencia, consiste en que los planetas se mueven en un pequeño círculo —el epiciclo— que, a su vez, se mueve a lo largo de otro círculo mayor —el deferente—. Ambos giran en el mismo sentido. Para ajustar este modelo al movimiento retrógrado ocasional de los planetas, Ptolomeo introdujo un tercer elemento, el ecuante. Descentrando el giro del epiciclo respecto del deferente con el nuevo ecuante, conseguía reproducir con bastante fidelidad las filigranas planetarias alrededor de la Tierra.

Si esto te parece complicado hoy, imagínate entonces.

Merece la pena recordar la inmortal frase atribuida al rey castellanoleonés Alfonso X —tan sabio como modesto—, que, al estudiar el modelo aristotélico de Ptolomeo, no pudo sino exclamar: «Si Dios me hubiese consultado antes de crear el mundo, habría sin duda hecho mejor las cosas». Como el modelo no podía ser más complicado de lo que era, y además funcionaba, estaba avalado por el

prestigio de Aristóteles y no había otra cosa mejor ni más a mano, se dio por bueno. In sécula seculórum.

Ptolomeo no solo escribió el Almagesto —eso ya le garantizaba el cráter lunar y el asteroide en el mismo lote—, sino tratados de astrología —nos habíamos olvidado por el momento de ella—, de óptica, de música y, como Eratóstenes, de geografía. Ptolomeo plasmó en su obra Geographia el mundo que se conocía hasta entonces, y fue la principal referencia para los cartógrafos durante siglos.

El problema es que tenía fallos notables en el cálculo de las distancias, lo que ha llevado a pensar que el error del malandrín Cristóbal Colón en su plan de alcanzar las Indias por el camino más corto se debiera a su confianza ciega en esta obra clásica.

Si examinamos el presente y estudiamos el pasado, incluso si nos atrevemos a pronosticar algo —sin mirar a los astros—, siempre nos encontraremos con el país más formidable que quizá nunca haya existido: China. Más de cinco mil años contemplan este imperio, antes impenetrable y ahora dominante, inalterado

e inalterable. Su astronomía siempre ha sido una gran desconocida para los occidentales. Podemos comparar antiguos atlas estelares, como los de Hiparco y Ptolomeo, con los del sabio Zhang Heng (78-139 d. C.) y apenas hallaríamos similitudes. Todas las constelaciones son muy diferentes, con alguna excepción como la Osa Mayor, conocida como el «Carro del Emperador» en China. Pero aun con muy diversos métodos e instrumentos, la finalidad de la observación de los cielos en la antigua China tenía el mismo sentido básico que en Occidente: la predicción.

En el Imperio chino —y durante milenios, que se dice pronto— el emperador representaba el papel divino sobre la Tierra. Y todo lo que pasaba «bajo el cielo»

lo tenía a él como único intérprete, con el sobrenombre de Hijo del Cielo. Al igual que ocurría en el occidente aristotélico, la bóveda celeste para los chinos era inmutable, salvo contadas cosas: planetas, cometas o eclipses, por ejemplo.

Los planetas no eran bien vistos —en su sentido literal— por la mayoría de los aproximadamente doscientos millones de chinos que malvivían en aquel vasto imperio ya en épocas milenarias. Pero mucho peor vistos —en su sentido metafórico— eran los cometas y los eclipses. Presagios de que algo terrible había de ocurrir: inundaciones,

hambrunas, terremotos o guerras. Era necesario alertar con tiempo. En caso contrario, si el emperador se mostraba incapaz de anticiparse a los fatales acontecimientos, su autoridad podía quedar en entredicho. Y su continuidad, en peligro. Así que no le quedaba otra salida al todopoderoso de turno que financiar una costosísima cohorte de funcionarios especialistas en astronomía. Con el rango de ministerio, nada menos. Sonaba más creíble y, sobre todo, necesario, un Ministerio de Ritos y Astronomía que otro de Transición Ecológica y Reto Demográfico, por poner nombres imaginativos sin ninguna doble intención.

Viajemos ahora, por un momento, a la renacida Europa del siglo XVII. Las privilegiadas mentes de Copérnico, Tycho, Kepler y Galileo están cambiando nuestra forma de ver el cosmos. El fin del modelo geocéntrico, las observaciones cada vez más precisas, el desarrollo del cálculo y, sobre todo, la aparición de nuevos instrumentos —por supuesto, el telescopio— permiten la elaboración de tablas de efemérides astronómicas cada vez más precisas.

A diferencia de lo que ocurre en la aislada China, por primera vez en la historia el cielo ya es casi completamente predecible. ¿Habría alguien interesado en contárselo a los chinos? Pues sí. La Compañía de Jesús extiende imparable su red de misiones tanto por el Nuevo Mundo, con ayuda española, como por

Oriente, con la colaboración portuguesa. Primero cae Japón, luego apuntan a China. Pero China es impenetrable, amurallada en cuerpo y mente. Apenas a través de un minúsculo enclave portugués, Macao (hoy la mayor ciudad del mundo dedicada a los juegos de apuestas, muy por delante de Las Vegas), permitían la entrada a los extranjeros bajo condiciones severísimas y únicamente comerciales. El fin último de los religiosos es evangelizar todo el mundo, y China es casi el último reducto. Para conseguirlo, los jesuitas envian allí toda su artillería intelectual (y esto no es metáfora gratuita, puesto que incluso conocen las artes de la guerra), principalmente formada por astrónomos. Tras aprender la extrañísima lengua china, entran como un ciclón hacia Pekín, la nueva y moderna capital del imperio. Enterados de la debilidad de los sucesivos emperadores, tienen un objetivo claro: si consiguen llegar hasta la élite que rodea al emperador e impresionarlo con sus conocimientos de los cielos, este no dudará en abrazar la verdadera fe. Y con él arrastrará a todos sus súbditos, cuyas míseras vidas le pertenecen. Faltaría más. Y a punto estuvieron de conseguirlo.

El primer astrónomo occidental que entra en China es el italiano

Matteo Ricci, en 1582. Dotado de una memoria prodigiosa, aprende chino en un santiamén —

comparación bien traída—, adopta las vestimentas y costumbres chinas y, de paso y como quien no quiere la cosa, les traduce los Elementos de Euclides.

También el catecismo, pero esto queda fuera de nuestro interés actual. A pesar de su fama entre la corte imperial, nunca consiguió entrevistarse con el inaccesible emperador Wanli. Tiene un cráter en la Luna, por descontado.

El jesuita alemán Adam Schall, que entra en China en 1619, llega mucho más lejos que Ricci: participa en la modificación del calendario imperial del último mandamás de la dinastía Ming, Chongzhen. A la caída de este, Shunzhi (el primer emperador de la nueva dinastía Qing) lo nombra mandarín y hombre de su entera confianza para dirigir el equivalente al Ministerio de Ritos y Astronomía. De esta forma, Adam Schall se convierte en el segundo hombre más poderoso de China en su tiempo. Hasta que es relevado en el cargo por Ferdinand Verbiest (alrededor del año 1660), un astrónomo belga, también jesuita, que, bajo el reinado de Kangxi, alcanza parecidas cotas de poder.

Pero no consiguieron su principal objetivo: convertir el Imperio chino al cristianismo. Tres factores impedirán el milagro: la complejidad de la corte, la reticencia de los emperadores a abandonar sus costumbres y privilegios —la presencia de concubinas no era el menor de los problemas— y la falta de tacto por parte de la sede vaticana —el papado no terminaba de aceptar que sus sabios

adoptaran la vestimenta china, ni que desdeñaran el latín en beneficio del chino en la celebración de la misa—. Y estos no fueron los únicos quebraderos de cabeza que causaron los astrónomos jesuitas a Roma. La datación jesuita de los más antiguos textos chinos —cuidadosa e inequívocamente fechados— echaba por tierra las fechas bíblicas de la Creación y del diluvio universal. Y por ahí no pasaban los papas.

Con todo, aquellos intrépidos religiosos dieron probada muestra de su habilidad en el campo de la astronomía, superando una y otra vez a sus colegas orientales en las sucesivas competiciones que se celebraban en la corte china, haciendo exactas predicciones de los eclipses solares de los años 1610, 1629, 1642 y 1665.

Los eclipses obsesionaban a los chinos desde tiempos remotos. En su

mitología, eran causados por dragones celestiales que devoraban bien al Sol, bien a la Luna.

Cuando esto ocurría, golpeaban con fuerza sus tambores en un intento desesperado por asustar al dragón, cosa que obviamente conseguían tras dejar pasar un rato.

El término «eclipse» deriva del griego y significa «desaparición». Y es bien sencillo de explicar: el Sol, la Luna y la Tierra se alinean ocultándose mutuamente. El Sol y la Luna coinciden prácticamente en sus diámetros angulares o tamaños relativos vistos desde la Tierra (treinta minutos de arco, en números redondos), razón por la cual las ocultaciones de la estrella por el satélite son tan espectaculares. El Sol tiene un diámetro de 1.392.000 kilómetros (109

veces el de la Tierra) y está a una distancia de 149 millones de kilómetros de nosotros. La Luna, por el contrario, tiene un diámetro de solo 3476 kilómetros (un 27 por ciento del terrestre) y está a una distancia media de unos 384.400

kilómetros. Sin embargo, los vemos prácticamente iguales.

El eclipse solar más antiguo del que tenemos noticia fue anotado por los chinos hace unos cuatro mil años. El emperador era Zhong Kang y los astrónomos encargados de predecirlo (que han llegado hasta nosotros con los nombres de Hsi y Ho) fueron decapitados por incompetentes. Nuestros jesuitas se la jugaban en cada concurso, ciertamente.

Siguiendo con los eclipses, Heródoto —el historiador griego— atribuye a Tales de Mileto, alrededor del año 585 a. C., la muy afortunada predicción de un eclipse en mitad de una batalla entre medos y lidios que no se llevó a término por miedo a los dioses. Tales, uno de los siete sabios de la antigua Grecia, fue un matemático y astrónomo muy notable; además del cráter lunar y el asteroide,

tiene un teorema con su nombre. Seguro que lo conoces, aunque eso depende de nuevo de tu bachillerato.

El último de los grandes astrónomos europeos en China, Verbiest, tuvo la capacidad intelectual suficiente como para regalar al emperador una tabla con todos los eclipses solares y lunares que habrían de suceder, y están sucediendo, en los dos mil años siguientes. A cambio, Kangxi levantó para él el famoso Observatorio de Pekín, con seis grandes instrumentos entre los que no se incluían telescopios, desafortunadamente. En su afán evangelizador, muchos de los

misioneros astrónomos jesuitas perdieron la vida en las penosas travesías marítimas hasta la lejana China, o víctimas de los caprichos de los mandarines locales. Pero bien pudieron cambiar el rumbo de la historia tal y como hoy la conocemos de haber logrado su objetivo de cristianar al emperador del más vasto de los imperios. Con una cruz en una mano y un sextante en la otra.

III

La edad oscura

El modelo aristotélico de los cielos era demasiado bueno como para discutirse.

Las matemáticas de Ptolomeo explicaban bastante bien cómo se movía todo, y las principales efemérides de los planetas o los eclipses podían predecirse con una precisión más que aceptable. Incluso los navegantes estaban contentos. No se perdían en el mar a no ser que se les mojaran las cartas de navegación, se las comiera su perro o se las dejaran olvidadas junto al camastro en un prostíbulo de algún puerto.

Cuando empezamos a contar los años en positivo, la religión lo inundó todo.

Pero los dioses se redujeron a uno, básicamente, y eso simplificaba mucho las cosas. Los romanos le dieron muy poca importancia a la astronomía, tanto en su época pagana —cambiaron los nombres de los dioses griegos por los equivalentes romanos, ajustaron el calendario y poco más— como ya en la cristiana. Apenas podemos hablar del filósofo Lucrecio (siglo I a. C.) de forma muy sucinta. Lucrecio pensaba que la materia estaba formada por átomos, que se unen y separan casual y continuamente, siendo la Tierra solo un mundo entre un infinito de ellos. Hasta ahí, todo bien. Luego escribió que la Tierra no era redonda, sino plana, y perdió muchos admiradores. El mito de la Tierra plana es un enorme malentendido moderno que nos está trayendo de cabeza en el siglo XXI y que no tiene ningún fundamento histórico, salvo las declaraciones amplificadas en Internet de un puñado de chalados descalabrados. Como nos reímos mucho con ellos, les seguimos la corriente, lo que no sé si es una buena idea.

Según este mito de la Tierra plana, durante la Edad Media la mayoría de la gente pensaba que nuestro planeta no era una esfera. Esto es más falso que el discurso de un político. Prácticamente todos los estudiosos medievales —la mayor parte de ellos eclesiásticos, como imaginarás— sostenían que la Tierra era una esfera,

tal y como los griegos ya habían explicado. Lucrecio fue una excepción, pero su discurso estaba más basado en el pensamiento filosófico que en el científico.

Según los historiadores modernos (como Stephen Jay Gould), este bulo floreció entre 1870 y 1920, dentro del contexto de las teorías antievolucionistas tan del gusto de algunos grupos religiosos estadounidenses. Salvo deshonrosas excepciones, todas las personas educadas en Occidente desde el siglo III a. C.

admitían y postulaban que la Tierra era esférica, como la Estación Espacial Internacional (EEI) nos recuerda quince veces al día, que es el número de órbitas diarias que realiza por encima de tu cabeza. A los griegos les bastaba con observar la forma circular de los eclipses lunares para llegar a la misma conclusión con mucho menos presupuesto.

Aunque nos estamos centrando en Occidente, los acontecimientos siguieron un camino parecido en Oriente. El saber griego se extendió desde Egipto hasta Oriente Próximo y Asia Central, y luego regresó por Al-Ándalus. La pérdida completa de la fabulosa Biblioteca de Alejandría hizo que gran parte de este saber occidental tuviera que hacer el camino de ida y vuelta, como fue el caso del Almagesto de Ptolomeo. En cambio, en el mundo islámico de los siglos IX y X la astronomía tuvo una fuerza enorme.

El llamado «cuerpo astronómico árabe» pudo estar formado por cerca de diez mil manuscritos, y hasta nuestros días nos han llegado los nombres de astrónomos tales como Al-Farghani (de origen persa, revisó la obra de Ptolomeo y escribió su propio Elementos de Astronomía, el libro más conocido hasta el siglo XV, lo que le ha valido también un cráter lunar), Al-Battani (príncipe árabe que fue capaz de determinar la duración del año solar en 365 días, 5 horas, 46

minutos y 24 segundos, y ganar así su propio cráter en la categoría de astrónomo más preciso) y, sobre todo, Al-Sufi (o Azophi). De origen también persa, suyas son las primeras referencias a observaciones galácticas, aunque él no se imaginara ni de lejos —porque estamos, de hecho, muy lejos— lo que estaba viendo. Desde Yemen, muy al sur, habría sido capaz de distinguir a simple vista a nuestra pequeña y vecina Gran Nube de Magallanes, así como la galaxia de Andrómeda, que dibujó como una pequeña nube en el año 961. También se le conoce principalmente por su trabajo en el brillo de las estrellas y sus dibujos de constelaciones, identificando y aunando los conceptos occidental y oriental, observaciones que plasmó en su obra El libro de

las Estrellas Fijas. Tanto trabajo conlleva premio doble: cráter y asteroide.

El modelo aristotélico situaba la Tierra en el centro del universo, y al hombre —

entendido como género neutro— en el centro de la creación divina. Con unos pequeños retoques, este modelo encajaba a la perfección con los preceptos de la Iglesia católica, que lo asumió y cristianizó gracias principalmente a la obra de santo Tomás de Aquino (figura destacada en los libros de bachillerato). Si en la Tierra habitan los hombres, en los cielos se mueven los ángeles. Ya hemos visto que Aristóteles concebía el universo como un conjunto de esferas concéntricas que giran accionadas por motores o divinidades. La teología cristiana medieval se reduce a un solo dios —aunque trino— y, por tanto, a un solo motor, que sería el origen del movimiento del resto. Este motor único y divino se denomina

«primer móvil». Si nos olvidamos de los engorrosos mecanismos auxiliares y nos quedamos con lo fundamental, la Tierra está en el centro de todo, rodeada de siete esferas: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno. Más allá, en la octava, está el firmamento con las estrellas. Y en el noveno cielo, el Primer móvil. Esas nueve esferas —tres veces tres— remarcaban el carácter trino de la divinidad. Todo encajaba tan bien que no había que tocar nada. Fuera de las esferas estaba físicamente Dios, además de los santos, los ángeles y las almas de los buenos cristianos. A este cielo propiamente dicho le pusieron el bonito nombre de «empíreo»; si te gusta la literatura clásica, no dejes de leer la Divina comedia de Dante Alighieri para disfrutar de su descripción. Una vez descifrado el modelo utilizado por Dios en la creación del universo, solo había que defenderlo. A capa y espada.

Los primeros problemas surgieron en el todavía Imperio romano. Fue Teodosio I el Grande quien, en el año 380, declaró el cristianismo (en su rama nicena, tras el concilio del mismo nombre convocado por Constantino I) como única religión permitida por Roma, prohibiendo las tradiciones paganas y la adoración pública de los antiguos dioses. Con Júpiter en el destierro, no se les ocurrió cambiar el nombre del planeta por Jesús, pero pudo haber sido así y nadie se habría extrañado. Teodosio fue el último emperador antes de la ruptura del imperio. En aquellos años aparece nuestra próxima protagonista, la famosísima Hipatia. Es la segunda astrónoma de fuste conocida, tras la sumeria Enheduanna, y ya habían pasado unos siglos desde entonces (y más que pasarán hasta la tercera).

Hipatia de Alejandría era hija de un astrónomo —Teón— y nació hacia el año 370 d. C. Para entonces ya no quedaba nada de su enorme e irrepetible biblioteca. Se ha escrito mucho de Hipatia, por lo que fue, por lo que representó

y, tristemente, por cómo terminó. Fue una científica completa y destacó en el arte de las matemáticas. A pesar de que su hagiografía haya querido muchas veces demostrar lo contrario, sus contribuciones a la astronomía no fueron lo que se dice trascendentales. Introdujo mejoras en el astrolabio (uno de los instrumentos habituales para marcar las posiciones estelares) y revisó tanto las tablas astronómicas de Ptolomeo como las curvas cónicas descritas por Apolonio, el inventor de la pareja de baile planetaria formada por el epiciclo y el deferente.

Quizá esa idea fue la que llevó a la famosa escena de la elipse en la película Ágora (2009), de Alejandro Amenábar. Una joven y bella Rachel Weisz, en el papel de Hipatia, clava dos antorchas en los focos de una elipse trazada en el suelo mientras explica con pasión cómo la Tierra gira en torno al Sol situado en uno de esos ardientes puntos. El disparate anacrónico es mayúsculo, y eso que me consta que Amenábar tuvo buenos asesores científicos. Ese formidable descubrimiento es hijo del astrónomo alemán del Renacimiento Johannes Kepler, y para ello necesitó no solo de años enteros de cálculos, sino también disponer del mayor y más preciso conjunto de observaciones astronómicas nunca realizadas, legadas por su maestro Tycho Brahe. Por no mencionar el sistema heliocéntrico copernicano, que Hipatia maneja alegremente a pesar de que estudiaba con devoción a su paisano, el geocéntrico Ptolomeo.

En la realidad, Hipatia se convirtió en un mito y en un símbolo de la incomprensión religiosa hacia la ciencia y hacia las mujeres. Fue cruelmente asesinada por un fanático grupo de cristianos, sin que todavía se sepa a ciencia cierta —valga el símil— qué o quién los empujó a ello, aparte del hecho de que Hipatia fuera una recalcitrante pagana. El indudable carisma de esta astrónoma la convirtió en leyenda, además de mártir, y eso es, tal vez, lo más interesante de su historia. Si ves o vuelves a ver Ágora, por favor, céntrate en el espíritu de la trama y no hagas mucho caso de las licencias históricas y científicas que se toma el director para hacer de Hipatia una heroína en la película de mayor presupuesto del cine español. No le hacían falta.

Hasta el siglo XVI hay cuatro páginas en blanco. Apenas algunos sabios se afanaron en traducir los textos que quedaban del griego al

latín, o del árabe al latín habiendo previamente pasado por el griego. Así que muchas veces se conformaban con resúmenes más o menos acertados de parte de lo que se había averiguado hasta entonces. Con esta peculiar reforma educativa, tras eliminar el

griego y las matemáticas de la enseñanza en la rama de las humanidades, el resultado fue calamitoso. También el estudio de la historia, condenada a repetirse a sí misma. No habíamos aprendido nada, ni antes ni ahora. Los intereses relacionados con la astronomía se limitaban a las cuestiones estrictamente religiosas.

Así, por ejemplo, el obispo galo Gregorio de Tours (una de las autoridades intelectuales del siglo VI) aprendió astronomía únicamente para describir el método con el que los monjes podían determinar la hora correcta en sus rezos nocturnos mirando las estrellas. Algo parecido sucedió durante el siglo siguiente en Inglaterra, con el monje benedictino Beda el Venerable, cuya principal curiosidad relacionada con la astronomía era determinar con exactitud la fecha de la Semana Santa. Sus textos fueron fundamentales en la formación del clero en las universidades hasta por lo menos el siglo XII.

Y en España, en el siglo XIII, apenas podemos salvar el valioso legado intelectual del rey Alfonso X el Sabio que, entre guerras y batallas, tuvo algo de tiempo para dedicarse al saber humano del bueno. Gracias a él se publicaron hacia el año 1252 las llamadas Tablas alfonsíes, que recogen las posiciones precisas de los cuerpos celestes sobre la eclíptica según el sistema rescatado de Ptolomeo.

Estas tablas se usaron hasta el Renacimiento, y no fueron relegadas hasta nada menos que el año 1627, cuando Kepler terminó el trabajo encargado por Rodolfo II a su predecesor en el cargo de matemático imperial, Tycho Brahe, y que se denominaron Tablas rudolfinas. Obviamente, Kepler usó ya el modelo heliocéntrico, aunque antes habían aparecido las poco exitosas Tablas pruténicas.

Fíjate si andábamos mal de astrónomos que hasta el año 1935 no se le reconoció como tal al rey Alfonso X, nombrando en su honor al cráter lunar Alphonsus.

Si había un asunto que sí interesaba a la Iglesia en relación con la astronomía era la mencionada celebración de la Semana Santa. Según la tradición hebrea, la noche en que tuvo lugar la huida de Egipto había luna llena, por lo que los judíos pudieron apagar sus lámparas para no ser descubiertos por los soldados del faraón. Este

acontecimiento es celebrado en la llamada Pascua Judía, que cada año ha de coincidir con una noche de luna llena. Jesucristo, judío, celebró dicha Pascua durante la hoy denominada «Última cena», así que nuestra propia tradición cristiana adoptó este hecho casi como suyo. En concreto, y evitando confundir ambas tradiciones, ya desde el año 525 d. C. se decidió en la Iglesia

católica que la Pascua de Resurrección (unos días posterior a la judía) se celebrara el primer domingo siguiente a la primera luna llena después del comienzo de la primavera (el 20 o 21 de marzo). Por eso siempre verás una luna llena durante la Semana Santa.

Para que las cosas funcionen bien tenemos que encajar el calendario astronómico (el que marca la posición del equinoccio de referencia) con el calendario civil y religioso, basado en días completos. El problema de relacionar años con días completos fue bastante bien resuelto por Julio César y sus sabios egipcios.

Como, en números redondos, un año son 365 días y un cuarto, cada cuatro años habría de añadirse un día adicional, el famoso bisiesto. Y así funcionamos aceptablemente durante muchos siglos, con el calendario juliano, hasta que los hechos toparon con la realidad.

La corrección romana contenía un pequeño error intrínseco, puesto que redondeaba los casi 49 minutos de exceso a los 60 de una hora. Esto significaba que cada año se introducían en el calendario litúrgico bisiesto unos 11 minutos de más, por lo que poco a poco se iba alejando del astronómico. En el siglo XVI el error acumulado desde la implantación de la regla pascual era tal que el equinoccio primaveral (supuestamente, el 21 de marzo) había ocurrido el 11 de marzo, diez días antes. Y continuaba anticipándose. Para resolver este desaguisado, el papa de turno, Gregorio XIII, recurrió de forma conjunta a Dios y a las matemáticas.

Por fortuna, estos dos factores confluyeron en el enorme astrónomo jesuita —

tanto por su tamaño físico como por su sabiduría— Christopher Clavius. Este corrigió de forma ingeniosa el calendario juliano añadiendo una cláusula adicional: «Un año será bisiesto si es divisible por 4, pero no lo será si además es divisible por 100. Con la excepción de los divisibles por 100 y 400 a la vez, que sí lo serán».

Pongamos un ejemplo sencillo: el año 1900 no fue bisiesto, como no lo será el 2100, pero sí lo fue el más reciente año 2000. Para rematar su

trabajo, el papa Gregorio, por indicación de Clavius, tuvo que resetear el calendario mediante la pertinente bula, eliminando de golpe los diez días de más acumulados hasta esa fecha, y así al jueves 4 de octubre de 1582 —del calendario juliano— le siguió el viernes 15 de octubre de 1582 —del nuevo calendario gregoriano—. El trabajo de Clavius fue tan bueno que perdura hoy y solo tiene un error estimado de un día cada 3300 años. Por tanto, si quieres saber con antelación cuándo vas a

disfrutar de unos pocos días de asueto o de penitencia, según sea el gusto, caso o pecados de cada cual, no tienes más que mirar al cielo y hacer unas sencillas cuentas. Y ya puestos, observar una estupenda luna llena.

La exactitud del calendario católico no fue un tema menor. Era casi la única razón para que la Iglesia financiara estudios astronómicos, y el clavo ardiendo al que agarrarse si alguien se atrevía a sacar los pies del tiesto religioso. Cuando Nicolás Copérnico publica, tras veinticinco años de trabajo, su obra maestra Sobre las revoluciones de las esferas celestes en 1543 (estrictamente hablando, fue publicada de forma póstuma por su amigo Andreas Osiander, pues Copérnico falleció ese mismo año sin poder verla ni olerla), incluye un largo prólogo que intenta poner la venda antes de recibir la herida. En él argumenta que el libro no es más que una herramienta para simplificar cálculos y se lo dedica expresamente al papa Pablo III, evitando así males mayores.

Sobre este famoso prólogo se sabrá más tarde (lo desveló Kepler en 1609) que no había sido escrito por Copérnico, sino por Osiander sin su conocimiento. No podemos valorar si le hizo un favor o no a Copérnico, pero lo cierto es que De Revolutionibus Orbium Coelestium, que es el título original en latín de la revolucionaria —literalmente— obra del astrónomo polaco, se convirtió en uno de los textos fundamentales de la ciencia moderna.

El copernicanismo nace así de forma inocente, protegido sin querer por el papa.

Y se extiende lenta pero fácilmente, ganando apoyos entre los astrónomos de la segunda mitad del siglo XVI. Los más beligerantes rechazaron abiertamente esta tibieza incluida en el prefacio y se pusieron en el punto de mira de la Iglesia católica.

El primero fue el británico Thomas Digges. Hijo de un famoso astrólogo y ocultista personal de la propia reina Isabel I (John Dee, que hablaba con los ángeles y cuya bola de cristal exhibe hoy con

orgullo el Museo Británico), Thomas Digges se opuso a que Inglaterra adoptara el nuevo calendario gregoriano, en una disputa más política que religiosa con el resto de Europa, costumbre opositora que los británicos siguen practicando con ahínco en el siglo XXI. Y tradujo al inglés parte de los textos heliocéntricos de Copérnico, cuyo modelo adoptó con algunos cambios, entre los que no incluyó que los planetas tengan que girar por la izquierda en los epiciclos. Pero Digges quedaba fuera del alcance del largo brazo vaticano, lo que no ocurrió con Giordano Bruno, el gran

perjudicado en esta historia. Vamos pues con la historia del polémico y desventurado hombre antorcha.

La primera curiosidad del napolitano Filippo Bruno —su verdadero nombre— es que, en origen, era español, ya que Nápoles era territorio de nuestro imperio en 1548. Como tantos otros jóvenes, ingresó pronto en una orden religiosa —los dominicos—, fue ordenado sacerdote y se doctoró en Teología. Sus problemas con la Inquisición ya comienzan aquí, mucho antes de que le diera por mirar al cielo y reflexionar sobre este. La Iglesia lo acusó de arrianismo (por negar la trinidad divina) y huyó de Roma. Viajó y enseñó por toda Europa. En 1584

publicó en Inglaterra su obra más conocida: Sobre el infinito universo y los mundos. Retornó a Italia de la mano de un noble veneciano que poco después le volvió a denunciar ante la Inquisición «por sus discursos heréticos». Pasó ocho años en la cárcel mientras duró su proceso, que terminó, como bien sabes, en una hoguera feroz en el romano Campo dei Fiori el 17 de febrero de 1600. Si pasas por allí, verás en el centro de la plaza una preciosa estatua erigida en su memoria, obra de Ettore Ferrari, con el aspecto de un monje jedi. Al menos, eso es lo que piensan los cientos de jóvenes que abarrotan las terrazas de este popular lugar de reunión de la capital italiana.

Contrariamente a lo que se cree, Giordano Bruno no fue ejecutado por defender el sistema heliocéntrico. En el año 1600 la Iglesia no tenía una postura oficial al respecto, y el copernicanismo no era una herejía en absoluto. Los cargos contra Bruno que juzgó la Santa Inquisición eran todos religiosos (tener opiniones contrarias a la fe católica, a la Trinidad, a la virginidad de María, a la transubstanciación o brujería), salvo uno: afirmar que existían múltiples mundos.

El universo era infinito, como infinito era también el número de mundos habitados girando en torno a infinitos soles. Esta era la primera vez que alguien se atrevía a decir y mantener algo así delante

de un tribunal eclesiástico.

A pesar de la prohibición de los escritos e ideas de Giordano Bruno tras quemarlo vivo, terminó imponiéndose el modelo heliocéntrico concebido por Copérnico, algo en lo que sabios como Johannes Kepler y, por supuesto, Galileo y sus telescopios, tuvieron mucho que ver. La semilla estaba ya sembrada. Si la Tierra no era nada del otro mundo —valga la ironía—, cabía suponer que otros planetas (y quizás muchos otros mundos rodeando lejanos soles, como había propuesto el malogrado Bruno) podían albergar vida humana. O algo parecido a esta. Así, el mencionado Kepler especuló sobre cómo sería la vida de los selenitas, Christian Huygens sobre la de marcianos y jovianos, y William

Herschel imaginó la tórrida realidad de los supuestos habitantes del Sol. La creencia en la vida extraterrestre inteligente aún no ha cesado.

Solo el satélite Kepler de la NASA, que funcionó desde 2009 hasta 2018, ha descubierto unos 2700 exoplanetas girando en torno a cientos de soles, y algunos podrían albergar algún tipo de vida. Desde Copérnico y Bruno hasta nuestros días, todo parece poder sustentarse en el «principio de mediocridad». Este curioso concepto fue acuñado por el astrofísico John Richard Gott. Viene a decir que no hay observadores privilegiados que den cuenta de un fenómeno en un momento dado. En astronomía es fácil de comprender: no somos el centro del universo, ni la Tierra ni el ser humano son especiales. En consecuencia, la vida extraterrestre debería ser moneda común en el vasto cosmos. En un famoso artículo de Nature, en 1993, John R. Gott estimó de forma matemática que nuestra especie sobrevivirá entre 200.000 y 8 millones de años, con un 95 por ciento de nivel de confianza. Esto supone que no tendremos tiempo de colonizar nuestra galaxia y nos extinguiremos. Pero habrá otras especies similares a la nuestra en el vasto cosmos.

O no. Las contradicciones acerca de la validez de esta suposición son muchas.

Dejando de lado las especulaciones sobre posibles visitas de extraterrestres a nuestro planeta, la primera objeción en aparecer fue la religiosa. Aunque hoy la Iglesia católica admite abiertamente la posibilidad de vida inteligente en otros mundos (Dios es omnipotente y los seres humanos no somos nadie para poner límites a lo que hace o deja de hacer el Creador), no faltó la controversia: ¿Cristo murió por los pecados de nuestra humanidad terrícola, o por los de todos los posibles seres del universo? ¿Se encarnó en todos los mundos? A lo

largo de los siglos un buen número de filósofos y teólogos han buscado respuesta a estas y otras preguntas no menos chocantes para los creyentes. La paradoja anterior enlaza con otras cuestiones similares, válidas tanto para creyentes o no.

El principio de mediocridad puede ser una suposición tan razonable como útil, ya que asume que el resto del universo tiene que parecerse mucho a nuestro mundo. Fue Carl Sagan, el mayor impulsor contemporáneo de esta idea, quien admitió abiertamente que la aplicación de este principio en la búsqueda de vida extraterrestre era, en lo fundamental, un «acto de fe». Pero lejos de ser quemado en la hoguera, Sagan fue elevado a los altares.

IV

La edad de los milagros

Fiat lux. Y se hizo la luz en la edad de los milagros en la que por fin nos encontramos. Tras muchos siglos de casi completa oscuridad, la humanidad alumbró a cuatro grandes genios: Nicolás Copérnico, Tycho Brahe, Johannes Kepler y Galileo Galilei. Los tres últimos fueron coetáneos; Brahe y Kepler trabajaron juntos, y Kepler conoció a Galileo al menos epistolarmente, pues se cartearon para compartir sus descubrimientos. Podríamos decir que son las cuatro patas de la sólida mesa de la astronomía moderna. Así lo reconoció Isaac Newton —más poético y certero que yo—, con una famosa frase que se le atribuye en otro contexto: «Si he llegado a ver más lejos que otros, es porque me subí a hombros de gigantes». Parece que esto se lo escribió a su enemigo Robert Hooke con cierta maldad o sorna, aludiendo no tanto a la capacidad intelectual del destinatario, sino a su aspecto físico, puesto que Hooke era bajito y jorobado.

En cualquier caso, me quedo con el sentido que he dado por correcto a lo largo de muchos años.

Nicolás Copérnico, al igual que después hizo el atrevido Giordano Bruno, tomó los hábitos con el fin de poder estudiar a sus anchas. Y vaya si lo hizo. Aprendió matemáticas, astronomía, física, filosofía, economía y leyes, además de conseguir hablar con fluidez latín, polaco (su lengua materna, pues nació en 1473 en la ciudad de Thorn), alemán, italiano, hebreo y, por supuesto, griego.

Sus veinticinco años de estudio y observación de los cielos se resumen en el complicado y maravilloso libro De Revolutionibus Orbium Coelestium.

Copérnico ya había estudiado a los filósofos y científicos helenos clásicos, pero curiosamente nunca menciona a Aristarco de Samos, el que tuvo el primer pálpito para poner la Tierra, y no el Sol, en el centro del universo.

Si la idea de Aristarco fue más filosófica que matemática, la de Copérnico está

basada en una serie de contundentes argumentos que harán tambalearse —hasta derrumbarse— todo el entramado geocéntrico de Aristóteles y, sobre todo, de Apolonio y Ptolomeo. Lo único que conservó de estos fue el montaje «epiciclo-deferente» porque, habrás adivinado, sus órbitas no eran todavía elípticas, sino perfectamente circulares. Pero al menos pudo quitarse de encima los engorrosos ecuantes.

La teoría copernicana se resume en unas pocas líneas, como toda gran teoría. Su idea principal es: el centro del universo está cerca del Sol. Ojo a ese «cerca», porque los números no encajaban del todo, así que no hay un centro único de todos los círculos celestiales o esferas. Por descontado, el centro de la Tierra no es el del universo, pero sí el de la esfera lunar. Todos los demás planetas giran igualmente en torno al Sol. Las estrellas se encuentran en el firmamento, muy lejos, y si las vemos moverse es porque la Tierra se mueve, y también gira sobre sí misma a diario. Si vemos moverse el Sol, también es porque la Tierra gira en torno a él. Por tanto, nuestro planeta tiene más de un movimiento.

Tras publicarse en 1543, con Copérnico ya descansando merecidamente más allá de la última esfera, el efecto del libro fue retardado. El Concilio de Trento lo ignoró. La frontal oposición católica al heliocentrismo tardó en llegar más de setenta años, y se debió sobre todo a la cabezonería de Galileo, ya que quizá de otra forma no se habrían enterado de la misa la mitad. Incluso puede que lo hubieran permitido, porque entre los influyentes científicos jesuitas el modelo heliocéntrico de Copérnico fue muy bien acogido por su formidable solidez matemática. Muchos de estos teólogos y astrónomos enseñaban en las universidades el modelo geocéntrico y el copernicano, disfrazando este de

«teoría errónea» por si el papa o sus asesores dominicos les llamaban la atención. Entre los grandes pensadores de su época, el revolucionario modelo solo encontró eco y acogida por parte de unos pocos. El primero fue el gran Tycho Brahe (pero solo a medias). En Alemania, se sumaron el reconocido Michael Maestlin y su, por aquel

entonces, imberbe discípulo Johannes Kepler.

En Italia, Giordano Bruno y Galileo Galilei. En Inglaterra, Thomas Digges y su tocayo Thomas Harriot. Y en España…, Diego de Zúñiga.

La figura de este astrónomo agustino nacido en la universitaria ciudad de Salamanca en 1536 es bastante desconocida, confieso que incluso para mí, lo que no tiene perdón siendo yo físico, uno de mis hermanos sacerdote agustino, además de doctor en Filosofía, y buena parte de la rama salmantina de mi familia alumnos de su famosa universidad. Diego de Zúñiga fue amigo y compañero de

fray Luis de León, el teólogo y excepcional poeta que fue encarcelado injustamente por la Inquisición, y que participó también activamente como astrónomo de reparto en la reforma del calendario juliano encargada por el papa Gregorio XIII.

De Zúñiga no terminaba de comulgar con Aristóteles y su motor inmóvil, y se declaró abiertamente partidario del modelo copernicano, como refleja en su obra In Job Commentaria, publicada en 1584. Este libro tiene el gran honor de que fue prohibido, junto con el de Copérnico, el 5 de marzo de 1616, en el decreto de la Sagrada Congregación del Índice de Libros Prohibidos. Y es que el espectáculo que montó Galileo en Italia fue de primer orden. La teoría copernicana, tras el desafío intelectual de mi pertinaz pisano, fue condenada por el papa Pablo V en ese nefasto año de 1616 como «una insensatez, un absurdo en filosofía y formalmente herética».

La vida, obra y milagros de Tycho Brahe dan para escribir muchos libros, y yo creo que los tengo casi todos. Te confieso que Brahe es mi astrónomo favorito.

Tal vez su biografía sea la menos conocida de entre los supuestos gigantes newtonianos. Puede que sea debido a que Brahe no hizo un descubrimiento con la relevancia del sistema heliocéntrico de Copérnico, ni de las observaciones telescópicas de Galileo ni del movimiento de los planetas de su protegido Kepler. Su propia concepción del universo era errónea, y el llamado «sistema ticónico», una mezcla bastante artificiosa de heliocentrismo y geocentrismo, de Sol y Tierra en lucha por la primacía del cosmos. Quizá por eso la historia haya sido injusta con él. Y la vida misma, porque no son pocos los que se preguntan qué rumbo habría tomado la astronomía si hubiera muerto —lo hizo de forma tan prematura como estúpida— solo diez años más tarde, justo los que le faltaron para haber compartido telescopio con Galileo.

De lo que no cabe duda es de que podría escribirse un gran guion cinematográfico con Tycho Brahe como protagonista. Su vida fue fantástica, en el más amplio sentido de la palabra. Nació en 1546 en el seno de una familia noble propia de la Dinamarca de Hamlet. Uno de los personajes que inspiraron la inmortal obra de Shakespeare —Frederick Rosenkrantz— fue un primo suyo bastante desafortunado en la vida real. Brahe fue, sin duda, el prototipo de hombre del Renacimiento. Sus poemas son considerados obras maestras de la literatura nórdica. Sus obras de ingeniería, sus instrumentos y sus inventos no tienen nada que envidiar a los de Leonardo da Vinci. De su gusto por la espada

da fe su cara desfigurada, debido a un duelo de juventud. No está muy claro si el motivo de la reyerta fueron las faldas o las matemáticas, pero Brahe perdió la nariz de un tajo en un incidente que a punto estuvo de costarle la vida. Y se vio obligado a llevar el resto de sus días su inconfundible nariz postiza. Así que también aprendió ortopedia y enfermería por necesidad. Pronto destacó como estudiante; con quince años ya era capaz de discutir sobre cualquier cuestión científica con las autoridades académicas. La comprensión de los textos bíblicos exigía el aprendizaje de literatura e historia, y el dominio de lo antiguo y lo sagrado hacía necesarias la geometría y la aritmética. Estas disciplinas llevaban inexorablemente a la astronomía, la ciencia más cercana a los cielos. Y a la astrología, muy en boga en aquellos siglos. Aunque Tycho Brahe no fue un astrólogo al uso. Su infancia estuvo marcada por una terrible paradoja.

Su madre, que pertenecía a la realeza danesa, se quedó embarazada de gemelos.

El tío de Tycho, más próximo al rey, no tenía descendencia, y ambas familias acordaron repartirse los niños. Pero su hermano nació muerto. Tras arduas discusiones, Brahe se educó con sus tíos, lo que fue una bendición para la humanidad puesto que creció en el ambiente cultivado de la corte, muy lejos del ardor militar de su padre. Y, como es natural, Brahe razonó sobre este suceso:

«Si mi hermano y yo nacimos bajo el mismo cielo y en el mismo momento,

¿cómo corrimos tan distinta suerte?».

Tanto Brahe como luego Kepler creían que los astros influían en el futuro de las personas, aunque no admitían la predestinación. Si la voluntad del hombre era lo suficientemente fuerte, podía vencer a la

suerte marcada por las estrellas y los planetas. Ambos consiguieron cierta fama con sus predicciones, en gran medida basadas en la lógica o en la simple evidencia.

En una ocasión Brahe fue abordado por un noble que le reprochó haber recibido respuestas radicalmente opuestas de dos astrólogos diferentes. El sabio danés se limitó a justificar el error argumentando que, posiblemente, los astrólogos habían utilizado distintas tablas de efemérides. Él mismo conocía las diferencias entre las mayores Tablas alfonsíes castellanas y las menores Tablas pruténicas o prusianas, que Erasmo Reinhold había publicado en el año 1551. Las primeras, como ya sabemos, eran geocéntricas, y las segundas copernicanas. Ni unas ni otras satisfacían las precisas observaciones visuales de Brahe, así que decidió hacer borrón y cuenta nueva. Comenzó a medir posiciones de estrellas y planetas desde el principio. Lo extraordinario es que tomó esta decisión... con dieciséis años. Hoy en día algunos jóvenes todavía a esa edad creen en el Ratoncito Pérez.

Tycho Brahe consiguió el apoyo incondicional del rey danés y de buena parte de la nobleza para sus investigaciones astronómicas. Se calcula que más del cinco por ciento de la riqueza danesa se invirtió en su causa, incluyendo una isla completa en el mar Báltico —la pequeña Ven—, que le pertenecía por completo, así como el trabajo de sus habitantes que, todo hay que decirlo, no fueron muy felices con las excentricidades y exigencias del sabio y sus extraños amigos. Allí Brahe levantó Uraniborg, el primer gran laboratorio científico europeo, con un observatorio astronómico en el que solo faltaron los telescopios, que estaban a punto de ser inventados. Un porcentaje tan elevado de gasto en un solo país para una cuestión científica tan específica es tan inusual entonces como ahora; solo es comparable al programa Apollo, que en los Estados Unidos presididos por J. F.

Kennedy dedicó una cantidad similar de recursos para llevar al hombre a la Luna. A la que, por cierto, seguimos sin volver, más de cincuenta años después.

Brahe tenía su propia concepción del universo, con la Tierra en el centro y la Luna y el Sol girando en torno a ella. Pero el resto de los planetas ya no giraban alrededor de la Tierra, sino del Sol. Tenía las medidas más precisas recopiladas después de cuarenta años de observaciones ininterrumpidas, pero no el modelo correcto. Tycho Brahe y Johannes Kepler coincidieron allá por el año 1600 en la corte del emperador Rodolfo II en Praga. Hipocondríaco y arruinado, el crédulo de Rodolfo pagaba sus buenos cuartos a todo aquel que le diera esperanzas de curarse o enriquecerse, bien fuera mediante la

correcta interpretación de los astros o mediante el hallazgo de la esquiva piedra filosofal. Tycho Brahe sabía, y mucho, de ambas cosas. Así que fue contratado de inmediato tras su exilio forzoso, provocado por el cambio de titular en la corona danesa. La maravillosa Ven quedó «cerrada por defunción», arrasado su observatorio y transformado su palacio en casa de citas para el joven y recién llegado caprichoso rey danés. Hoy apenas se distinguen sus cimientos.

En Praga, Brahe es nombrado matemático imperial con el encargo de confeccionar las más precisas tablas de efemérides celestes. Para ayudarlo en la tarea necesita un buen calculista. Ha oído hablar de un joven alemán que ha publicado un precioso trabajo tan audaz como inexacto. Y su capacidad como revisor científico fue innegable, porque Kepler había escrito un completo, aunque maravilloso, disparate. El libro era tan pequeño en tamaño como grande en título: Introducción a los ensayos cosmológicos, conteniendo el misterio cosmológico de la proporción maravillosa de las esferas celestes, y de la verdad y causas particulares del número, tamaño y movimientos periódicos de los cielos. La obra es más conocida con el título abreviado de Mysterium.

Kepler había pretendido aunar la perfección geométrica de los sólidos pitagóricos (y sus reminiscencias con la armonía divina aristotélica) con las órbitas circulares planetarias utilizando ya el modelo copernicano. Los números no encajaban ni a martillazos, así que supuso, como había comprobado Brahe, que las posiciones planetarias estaban mal medidas. Si has visto el capítulo tercero de la serie Cosmos de Carl Sagan, ya conoces parte de esta historia recreada para la televisión. Brahe necesitaba al mejor matemático para encajar su modelo, y Kepler ansiaba tener los mejores datos para hacer lo mismo con el suyo propio. Estaban condenados a entenderse, aunque no se fiaran demasiado uno de otro. Su relación terminó abruptamente, con una de las muertes más conocidas, absurdas y recordadas de la historia. En su afán por guardar la debida etiqueta en una cena con otros nobles, Brahe no se levantó a orinar, y el vino corrió abundantemente en la larga velada. Como resultado de esta contención urinaria excesiva, murió pocos días más tarde tras una agonía muy poco deseable.

Johannes Kepler, no sin problemas, se hizo con todos los datos de Brahe. Este le había confiado antes de morir solo una parte de los números de la órbita de Marte, que contenían un incomprensible error de ocho minutos de arco respecto a la teórica curva circular. Kepler pensó que podría resolver el problema en una semana, pero le llevó más de ocho años. Y dio con la solución, con permiso de los personajes de Ágora: Marte describe una elipse alrededor del Sol, que

se encuentra en uno de sus focos.

La generalización de este resultado constituye la Primera Ley de Kepler. Las otras dos, como seguramente recuerdas de tus tiempos de buen estudiante, se enuncian así: «La línea que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales» y: «El cuadrado de los períodos de la órbita de los planetas es proporcional al cubo de su distancia al Sol». Con estas tres cosillas de Kepler y otras tantas de Newton que llegaron muy pronto, ya nos podemos mover por todo el universo sin mayores inconvenientes ni tropiezos.

Sobre el matrimonio de conveniencia formado por Tycho Brahe y Johannes Kepler se ha escrito mucho, y la mayoría de las veces, mal. En 2004, un libro firmado por una pareja de periodistas estadounidenses, estrechamente relacionados con movimientos anticientíficos de ese país, extendió la teoría de que Johannes Kepler envenenó a Tycho Brahe para robarle sus datos astronómicos.2 La noticia corrió como Usain Bolt delante de un dóberman en

esta sociedad sensacionalista y amiga de bulos en la que nos toca vivir, donde Internet propaga toneladas de información sin el control parental necesario. Tan grande fue la sospecha de la opinión pública sobre nuestros protagonistas, y tanta la desazón entre la comunidad científica, que no hubo más remedio que despertar al astrónomo danés unos años después (lo exhumaron en 2010) para realizar los pertinentes estudios forenses. Un par de años y un sinfín de comprobaciones más tarde, confirmaron la inexistencia de metales pesados como el tóxico mercurio en sus restos mortales, que no fue envenenado ni por Kepler ni por nadie, y que una infección urinaria era la causa más probable de su defunción. El lado positivo —en especial, para mí— de este disparate fue la publicación de una interesante novela con este asunto como argumento principal.3

Kepler no solo heredó los datos de Brahe, sino también su puesto como matemático imperial en Praga para terminar las tan esperadas Tablas rudolfinas.

Una noche de un día de otoño del año 1604 uno de sus mal pagados funcionarios

—ni ellos ni Kepler solían cobrar nunca a tiempo— fue a buscarlo a toda prisa.

Una nueva estrella de brillo excepcional había aparecido en el cielo. El suceso dejó atónito al astrónomo. Exactamente lo mismo le había

ocurrido al propio Tycho Brahe en 1572, y más tarde comprobó de forma fidedigna que era realmente una estrella, no un cometa ni una estrella fugaz, y que, por tanto, el cielo no era ni mucho menos inmutable como le habían vendido los antiguos griegos.

Además, en el caso de Kepler, no era solo que hubiera aparecido una estrella

«nova», sino que lo había hecho junto a una extraña conjunción de los planetas Júpiter y Saturno. ¿Qué podía significar aquello? No pocos legos en las materias astronómicas se apresuraron a interpretarlo, y muchos coincidieron en un antiguo adagio astrológico: Nova stella, novus rex, «Estrella nueva, rey nuevo».

Kepler llevaba ya un tiempo estudiando la llamada «gran conjunción». Es el nombre que recibe la aproximación relativa de los dos planetas mayores, Júpiter y Saturno. Dados sus grandes periodos orbitales (11,8 años en el caso de Júpiter y 29,4 en el de Saturno) solo se repite cada dieciocho o veinte años. En ocasiones, siempre vistos desde la Tierra, los planetas se aproximan muchísimo juntándose a simple vista. Una de estas ocasiones fue el 15 de abril del año 1623, y la siguiente… el 21 de diciembre de 2020. La vecindad de esta fecha con la Navidad hizo que en todos los titulares de prensa apareciera denominada como

«la estrella de Belén». Ahora te explico el porqué de estas campanas, en las que

Kepler tuvo mucho que ver.

Cuando estos planetas coinciden en su mayor oposición al Sol, muy pocas veces pueden llegar a juntarse hasta tres veces en el intervalo de solo unos meses.

Cosas del vaivén del movimiento retrógrado. Este fenómeno se denomina «triple conjunción». Ocurrió en 1604 (justo en la conjunción previa a 1623), pero también en 1682, 1821, 1941 y 1981. Para la próxima habrá que esperar hasta el año 2238, guárdalo anotado. Dado que estas grandes conjunciones se mueven a lo largo del Zodíaco, existe un patrón conocido muy del gusto de los astrólogos y que marca un «ciclo mágico» de 800 años. Kepler, como astrónomo y astrólogo, lo sabía, y justo a finales de 1603 daba comienzo uno de estos intrigantes ciclos.

El anterior había coincidido con la aparición del todopoderoso emperador Carlomagno. Y dos ciclos atrás —1600 años— casi casi con

la llegada de…

Jesucristo. ¿Qué tipo de suceso podía acontecer ahora, con los astros rebelándose de esa manera? ¿Tal vez el fin del mundo?

No ocurrió nada especial, como tampoco nos ha pasado nada con el calendario maya, ya que de lo contrario ni yo podría contarlo ni tú leerlo. Pero el siempre prudente Johannes Kepler descubrió algo sorprendente al año siguiente.

Un monje llamado Laurentius Suslyga hizo públicos varios errores en las dataciones del nacimiento de Jesús de Nazaret y, como consecuencia, en el origen de la era cristiana. Hasta entonces, la Iglesia había dado por buenos los cálculos de Dionisio el Exiguo, un abad romano del siglo VI que había fijado el nacimiento divino en el año 753 después de la fundación de Roma. Pero según los números del jesuita Suslyga (y en esto los jesuitas eran muy fiables), Cristo habría nacido cuatro años antes… de Cristo. Aunque este hecho podría explicarse como un viaje en el tiempo dada su naturaleza divina, la Navaja de Ockham («en igualdad de condiciones, la explicación más sencilla suele ser la más probable») nos indica que lo más razonable era que se trataba de un error en la datación.

Los errores son hoy bien conocidos, tanto por las fechas romanas como por los textos evangélicos. El emperador César Augusto reinó cuatro años con el título de Octavio y, además, se había empezado a contar en el año 1 (en la Europa medieval no existía el concepto árabe del cero). Herodes, rey de Judea cuando nace Jesús, había fallecido también cuatro años antes de Cristo, y el censo ordenado por Roma —que obligó al accidentado viaje de María y José— tuvo lugar igualmente entre los años 8-6 a. C. Por tanto, hay un claro error en las

fechas. Cuando Kepler tuvo conocimiento de algunos de estos datos, ató cabos.

Había que restar cuatro o cinco años a la triple conjunción que él había calculado con la mayor de las precisiones. Los astros se habrían juntado en el cielo hasta tres veces durante el año de la encarnación divina. ¿No habría esto llamado la atención de los tres Reyes Magos bíblicos? ¿No habría una conexión singular?

(Y esto sin tener en cuenta que hubiera podido aparecer otra estrella nova como la que él había observado).

En la actualidad sabemos que la nova reportada en 1604 por Kepler es la última supernova conocida en la Vía Láctea. Sabemos de pocas más

en nuestra galaxia (en el año 1006, en 1054 —la famosa nebulosa del Cangrejo— o en 1181), pero solo podemos remontarnos hasta el año 185 d. C. para tener registros de la más antigua citada por astrónomos chinos. No parece entonces que la conjunción de Júpiter y Saturno del año 0 fuera acompañada de efectos especiales adicionales, e incluso se conoce que la separación relativa entre ambos planetas en esas fechas (aproximadamente de un grado, equivalente a dos discos lunares) no la hace demasiado espectacular.

Algunas hipótesis apuntan a que, si existió la estrella de Belén, puede que fuera una combinación de fenómenos astronómicos, como la propia conjunción mencionada, una ocultación de Júpiter tras la Luna o un mero cometa como el citado por antiguos astrónomos orientales (alrededor del año 5 a. C.). Sea como fuera, la tradición cristiana de la aparición de la estrella de Belén está muy arraigada y puede tener, en efecto, una explicación astronómica como la proporcionada por el gran Johannes Kepler. Para los muy creyentes, bastará con pensar en un milagro, y para los muy crédulos, en la visita guiada de algún tipo de nave extraterrestre, que de todo hay en la viña del Señor. Además, ¿por qué poner en duda la veracidad de la estrella de Belén si creemos firmemente en la existencia de los Reyes Magos que le van a traer un perro a mi hija, aunque su padre no quiera?

Hasta la fecha, y a menos que la estrella supergigante roja Betelgeuse se adelante a los acontecimientos, enfadada con su amo el guerrero Orión, o haga lo mismo la igualmente enorme e hipermasiva azul Eta Carinae en el hemisferio sur, las dos últimas supernovas conocidas que han estallado en nuestra galaxia, la Vía Láctea, son la nova observada por Tycho Brahe y la estudiada posteriormente por Johannes Kepler. Es una casi increíble casualidad que dos de los mejores astrónomos de la historia, que vivieron y trabajaron juntos, reportaran este

espectáculo celeste con sendas supernovas, y aún más que no se haya repetido hasta nuestros días.

El fenómeno de las supernovas es uno de los más fascinantes del universo. En dos palabras, es una explosión nuclear (para desasosiego de los activistas de Greenpeace). El brillo de una de estas explosiones puede aumentar por cien mil el original de la estrella. Esta luminosidad dura unos pocos días y, en ocasiones, puede ser observada a simple vista desde la Tierra. Aunque en nuestra galaxia es muy infrecuente, estamos observando tantos miles de galaxias al mismo tiempo que encontrar supernovas con los telescopios se ha convertido en algo rutinario.

En estas situaciones peculiares, el brillo aparente de la recién nacida estrella supera al de toda su galaxia madre.

La justamente llamada «estrella de Kepler» es la última supernova aparecida en nuestra galaxia de un total de ocho como máximo registradas en toda la historia, y fue visible a simple vista durante dieciocho meses. Es del tipo conocido como

«Ia», de las más violentas, en las que una enana blanca en un sistema binario recibe suficiente masa de su compañera —una gigante roja— como para superar el llamado «límite de Chandrasekhar» y proceder a la fusión instantánea de todo su núcleo convirtiéndose, seguramente, en una estrella de neutrones. Esto es lo que queda de una supernova, el resultado del colapso gravitatorio de una estrella supergigante una vez agotado el combustible de su núcleo. Estas estrellas están formadas principalmente por una masa compacta de neutrones, aunque también por protones, electrones y otras partículas fundamentales. Subrahmanyan Chandrasekhar fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1983 por este descubrimiento que hizo con solo diecinueve años, siguiendo la estela de niño precoz de Tycho Brahe. «SN 1604», que es su nombre de guerra, se encuentra a unos 20.000 años luz de la Tierra. En cuanto a la también llamada «supernova de Tycho» (o SN 1572), se creía que, debido a su espectro de rayos X, fuera igualmente del tipo Ia, y fue confirmado con recientes observaciones publicadas en 2008. Se calcula que puede estar a unos 9000 años luz, siendo su origen un debate no cerrado entre la comunidad científica.

V

Estrellas por un tubo

Cuentan las crónicas que el 25 de septiembre de 1608 un humilde artesano de Midelburgo se atrevió a molestar al príncipe holandés Mauricio de Nassau con un tubo de latón en apariencia inofensivo. Se llamaba Hans Lipperhey. Por aquel entonces ese territorio estaba sumido en una cruenta guerra civil. Los bandos enfrentados eran, por una parte, las fuerzas del Imperio español —católicas—, y por otra, las provincias rebeldes del norte —protestantes—. En una de las débiles treguas, el príncipe mostró el ingenio a los dirigentes de las otras provincias, así como al propio comandante en jefe de las tropas españolas, el muy sorprendido marqués Ambrosio Spínola, que, según cuentan, exclamó con cierta sorna mezclada con preocupación: «A partir de ahora no podré estar más tiempo seguro, porque me verás llegar a lo lejos». Ya habrás supuesto que las diferencias entre

españoles y holandeses tenían que venir de mucho más tiempo atrás que de la final del Mundial de fútbol de Sudáfrica.

No habría de pasar ni un año para que los entonces denominados «vidrios para espiar» se extendieran como la pólvora por toda Europa. En julio de 1609 será otro hábil artesano, el italiano Galileo Galilei, el que tenga preparado su propio telescopio para impresionar con él al Senado veneciano oteando el horizonte desde el campanario de la catedral de San Marcos. Aunque solo magnificara tres veces, sería más que suficiente como para que Galileo fuera contratado de por vida. Lo que ocurrió después es de sobra conocido: le tiró más la ciencia que la milicia y, con instrumentos de hasta treinta aumentos, reveló secretos del cielo tales como las fases de Venus, las altas montañas lunares y los cuatro satélites principales de Júpiter, así como la extraña forma de Saturno y las enigmáticas manchas solares. Casi nada. Y el espectáculo no había hecho sino comenzar.

Pero volvamos a Hans Lipperhey. Pocos días después de su entrevista con el príncipe Mauricio patenta —o, al menos, lo intenta— su invento y se le adjudica

un jugoso contrato. Aunque poco dura la alegría en casa del pobre, porque al telescopio le salen padres por toda Holanda: un fulano llamado Jacob Metius, un mengano conocido como Zacharias Janssen y hasta un tercer artesano zutano de apellido desconocido muestran cosas parecidas o idénticas. A falta de pruebas de ADN, las autoridades declinan conceder la patente.

Y es que casi cualquiera podía construir un catalejo si tenía las lentes apropiadas: una cóncava —el ocular— y una convexa —el objetivo—. El uso de lentes cóncavas y convexas como anteojos se remonta a mucho tiempo atrás. Alrededor de 1286 ya aparecen en Italia, y las primeras eran recomendadas «para jóvenes», pues corregían la miopía, y las segundas «para distintas edades adultas», pues corregían la presbicia. La cuestión estribaba, entonces, en saber a quién se le había ocurrido primero la feliz idea de poner una delante de la otra. Dicen que dijo Lipperhey que fueron sus hijos quienes, jugando traviesamente con algunas de sus lentes, descubrieron su poder magnificador de forma accidental mirando la veleta de una torre.

Pero mucho más sugerente y misteriosa es la afirmación del milanés Girolamo Sirtori —un jesuita que escribió acerca de política y telescopios, cosas que nunca han congeniado bien—. Relata que un desconocido comprador de lentes las había colocado juntas en el taller, delante de Lipperhey, para comprobar su calidad. Lipperhey,

intrigado, había hecho lo mismo una vez cerrada la venta encontrándose con la inesperada sorpresa. Lo más lejano se encontraba al alcance de sus dedos como por arte de magia.

Hasta aquí llega la historia oficial aceptablemente contrastada. En lo que nos interesa, este suceso dio un giro copernicano —o mejor, galileano— al devenir de la astronomía. Y tuvo todo tipo de consecuencias, de las que la menor de ellas, sin duda, es la de darme dignamente de comer, aunque no me llegue para mantener un perro o, al menos, eso le cuento a mi hija. Pero demos una vuelta de tuerca a la misteriosa invención del telescopio y entremos en el campo de la especulación.

Sirtori no era el único italiano interesado en el próspero negocio de los vidrios para espiar. Primero su compatriota Giovanni Battista Della Porta —un prestigioso inventor napolitano— y luego el florentino Rafael Gualterotti reclaman su paternidad. También lo hace Galileo —tan genial como soberbio—, en discusión epistolar con los anteriores. Pero es Sirtori el que, en 1612, en uno de sus libros acerca de la invención del telescopio, aporta una pista tan sugerente

como enigmática. Allí nos transporta a 1609, año en el que conoce en España, concretamente en Girona, a un «viejo artesano débil y cansado [sic]» al que denomina Roget, fabricante de anteojos. Y afirma que este le mostró, además de la armadura de su telescopio —muy enmohecido por el paso del tiempo—, las fórmulas para su construcción, así como «la anotación de las proporciones con tres puntos». Gracias a ello, Sirtori afirma haber perfeccionado sus experimentos y redactado las tablas reproducidas en su libro para fabricarlos.

¿Qué hay de cierto y qué de falso en este antiguo texto? ¿Existió el misterioso artesano catalán llamado Roget? Sorprendido con la lectura del libro de Sirtori, un médico oftalmólogo barcelonés —además de coleccionista de instrumentos ópticos e historiador—, Josep María Simón de Guilleuma, se sumergió literalmente a mediados del siglo xx en los archivos catalanes de parroquias y ayuntamientos en busca de información para identificar a los personajes citados por el antiguo viajero italiano. Y el éxito lo acompaña en sus hallazgos, que publicó en el IX Congreso de Historia de la Ciencia celebrado en 1959 en Barcelona. Según Simón de Guilleuma, un tal Joan Roget sería el auténtico inventor del telescopio.

Sobre cómo habría llegado la idea de Roget desde Girona primero hasta Italia y luego hasta Holanda, hay multitud de hipótesis a cuál

más inverosímil, pero algunas fueron entrelazadas con cierto criterio por el británico Nick Pelling en 2008. Las publicó primero en solitario en la revista History Today y, más adelante, en nuestro propio país, ayudado sobre el terreno por este amigo que ahora te lo cuenta de forma amable.4

Aunque la mayoría de los libros de texto y divulgación que podemos consultar siguen otorgando la paternidad del telescopio a Hans Lipperhey, no sabemos a ciencia cierta si ese invento comenzó como un juego de niños enredando con lentes por un tubo —que con los años se llenarían de estrellas—, o fue fruto del gran ingenio español que culminó poniendo otro tubo en el extremo de un mocho y llamándolo fregona. Pero quién sabe si, durante los últimos cuatrocientos años, los astrónomos de todo el mundo han estado mirando los cielos a través de ojos españoles. Es emocionante pensarlo así.

Ya tenemos en acción al telescopio. Cuatro siglos han pasado desde entonces y no hemos inventado nada mejor para estudiar el cielo, si exceptuamos la novedosa y pujante «astronomía gravitacional», que utiliza complicadísimos

interferómetros láser para detectar ondas gravitatorias (deformaciones del tejido espaciotemporal predichas por Einstein) y obtener así información acerca de agujeros negros o de las estrellas de neutrones y supernovas. Básicamente, el grueso del trabajo actual se dedica a fabricar lentes y espejos. Cada día más grandes, eso sí.

Sin apartarnos demasiado de la línea temporal de nuestra narración, estamos abocados a glosar la figura de Galileo Galilei. Nació en Pisa, la ciudad famosa por su torre inclinada, en 1564. Como Copérnico y Bruno, estaba llamado a tomar los hábitos —y más en Italia—, pero a su padre músico no le gustaba la idea en demasía, lo sacó del convento donde estudiaba con quince años y acabó entrando en la universidad. Al igual que sus ilustres colegas, se comportó como un auténtico hombre del Renacimiento, o, dicho en fino, un polímata. Un sabelotodo, pero con criterio y sin cuenta en Twitter. Este término se aplica sobre todo a los filósofos de la Antigüedad (como Pitágoras y Aristóteles, incluso con todo derecho a Hipatia para hacer extensivo el término al género femenino), y también a personajes tan conocidos como Leonardo, Miguel Ángel, los astrónomos Copérnico y Brahe, el jesuita Athanasius Kircher —el llamado

«último hombre que lo sabía todo»—, por supuesto a Newton y a su rival Leibnitz, a Goethe, a Humboldt… y algunos cuantos más hasta

llegar a Bertrand Russell y a John von Neumann, por ejemplo, en el siglo xx.

Galileo estudió medicina, filosofía, astronomía y matemáticas, principalmente, pero también fue un notable artesano e inventor. Aunque no del telescopio. Es un error frecuente que se comete en muchos libros de texto de secundaria y bachillerato para estudiantes, sin otra mala excusa que el ahorrarse trabajo en las explicaciones. También es frecuente quemarlo en la hoguera, bárbara afirmación que denota una enorme pereza intelectual en los autores de esos textos.

A Galileo le llega la noticia de la existencia del telescopio a través de un amigo, Jacques Badovere, que le escribe desde París. Ni siquiera es el primer astrónomo en usarlo, privilegio que parece corresponder al inglés Thomas Harriot en agosto de 1609, que unos meses antes que él ya apuntó hacia la Luna. Con los rudimentos básicos, Galileo construye unos cuantos (se cree que a lo largo de su vida fabricó más de sesenta) pero no todos funcionan bien. Y es que, curiosamente, Galileo supo mucho de casi todo, pero no de óptica. El primero que explicó de forma convincente el funcionamiento de nuestro tubo mágico fue su amigo en la distancia Johannes Kepler. A la inversa, Kepler apenas usó el telescopio, debido fundamentalmente a su mala vista. Ya es mala pata.

Los descubrimientos de Galileo fueron muy numerosos, y me perdonarás si omito algunos por no hacerme pesado. Además de las fases de Venus, de las manchas solares y de la superficie lunar —que ya se veía claramente como una gran roca montañosa, muy lejos de la perfecta esfera traslúcida que había propuesto Aristóteles—, el hallazgo más inesperado del toscano fueron los cuatro grandes satélites de Júpiter. Los llamaría «astros mediceos», en homenaje al gran duque de la Toscana, su amigo y mecenas Cosme II de Médicis. El giro de Calisto, Europa, Ío y Ganímedes alrededor de Júpiter rompía definitivamente el modelo geocéntrico, y también el heliocéntrico explicaba más plausiblemente la aparición de las fases en Venus. Por no hablar del enorme número de estrellas que se hacían visibles mirando a través de cualquiera de sus tubos.

Como curiosidad, los nombres mitológicos de los satélites galileanos fueron asignados por su gran rival en la observación telescópica, el alemán Simon Marius. Dado que Galileo publicó sus hallazgos en el famoso Sidereus nuncius en 1610, y Marius no lo hizo hasta cuatro años más tarde en su casi desconocido Mundus iovialis, no cabe duda de quién los descubrió. Esta anécdota merece la pena, porque los nombres fueron sugeridos a Marius por su compatriota y ya muy

afamado astrónomo imperial Johannes Kepler, que, en primera instancia, tiró más de patriotismo que de pragmatismo. Luego se cuenta que, después de que observara esos satélites con un telescopio (quizá enviado por Galileo), Kepler apoyaría incondicionalmente al italiano. También sabes que Galileo observó Saturno, aunque no pudo distinguir sus anillos; pensó que era una especie de planeta triple.

Pero puede que no sepas que encontró Urano en 1612. No lo distinguió como planeta, sino que lo confundió con una estrella débil, así que no le asignaron su descubrimiento. El padre de Urano, descubierto en 1781, no fue otro que William Herschel, el gran constructor de telescopios, precisamente. Ya habría sido demasiado para Galileo encontrar el séptimo planeta.

Por cierto, el inmarcesible Sidereus nuncius sigue de actualidad, al menos en España. Uno de los pocos y valiosísimos ejemplares de su corta edición fue robado de la Biblioteca Nacional en 2014, y no fue denunciado a la Policía hasta 2018, vete a saber por qué oscuras razones. Si lo tienes en tu casa (no ha aparecido todavía, al menos que yo sepa), ya te estás entregando a las autoridades.

La larga vida de Galileo fue un continuo enfrentamiento con la Iglesia, a pesar

de que era un hombre religioso y contaba con buenos amigos entre el clero, como Cristopher Clavius, el padre-padre del calendario gregoriano. Pero las cosas se fueron complicando. En un primer desencuentro fue amonestado. En el segundo, el más conocido, fue juzgado por la Inquisición, obligado a abjurar de sus afirmaciones y condenado a prisión, aunque, debido a su edad —ya tenía casi setenta años y su salud era muy delicada, especialmente su vista—, se le permitió permanecer encerrado en su casa sin viajar ni publicar.

Los motivos de la condena de Galileo son todavía fuente de controversia, un cúmulo de despropósitos tanto religiosos como políticos y dogmáticos, de amistades y enemistades, y de cruce de fuertes caracteres. Pero el hecho de que Galileo pusiera en cuestión que la Biblia fuera la referencia absoluta en la descripción del mundo en que vivimos tal vez fue la principal razón. En una época en que la literalidad era obligada, ese fue su gran pecado. Su famosa sentencia: «La Biblia enseña cómo llegar al cielo, pero no cómo funcionan los cielos» resume perfectamente el conflicto.

No me extenderé sobre el proceso judicial, que está muy bien explicado en los libros de historia y que, aún hoy, sigue levantando

ampollas. Tanto es así que, desde que fue condenado por el papa Urbano VIII en 1633 (al que no le gustó mucho verse retratado por su antiguo amigo Galileo en un tal Simplicio, dentro del libro Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano), casi no ha habido un sucesor de la silla de Pedro que no haya recordado —para bien o para mal— a este genio cabezota.

La rehabilitación efectiva de la figura y obra de Galileo se produjo un siglo después. Benedicto XIV autorizó en 1741 la impresión de sus obras completas, y unos años más tarde todos los libros prohibidos que habían apoyado el heliocentrismo fueron retirados del famoso Index Librorum Prohibitorum, la temida lista negra de la Inquisición. Ya en el siglo xx el papa Pío XII lo alaba públicamente, y el polaco Juan Pablo II, en la sesión plenaria de la Academia Pontificia de las Ciencias, pide perdón en 1992 por los errores de la Iglesia con él. Sin embargo, Benedicto XVI —hoy papa emérito, entonces cardenal Ratzinger— no fue de la misma opinión. Que yo sepa, todavía Francisco I no se ha pronunciado, pero seguro que algo tiene que decir al respecto o le quitarán la nacionalidad argentina por desaprovechar sus cualidades.

Vayamos con las recompensas. Por toda su obra, y los sinsabores que le produjo su defensa, Galileo tiene un cráter en la Luna, otro en Marte, un asteroide y

buena parte de las tierras de Ganímedes, uno de sus satélites. Además, recibió su nombre una misión espacial de la NASA al planeta Júpiter. La misión espacial Galileo, lanzada en 1989, estuvo formada por un orbitador (que envió datos de Júpiter y sus satélites hasta 2003) y una sonda, que entró en la atmósfera del gigante en 1995 a una velocidad estimada de 250.000 kilómetros/hora, y aun así, consiguió enviar valiosísimos datos de esta durante una hora, más o menos, antes de desintegrarse por las elevadísimas presiones y temperaturas.

Además, recibe el nombre de Galileo el Telescopio Nazionale Galileo o TNG, que se encuentra en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla canaria de La Palma. Está en su punto más alto, y tiene una cúpula peculiar, más propia de un granero que de un telescopio, pero eficacísima para conducir el aire y hacer llegar de forma nítida la luz a su gran espejo principal de 3,5 metros de diámetro. Se inauguró en 1998. El penúltimo homenaje a este genio del Renacimiento es el Sistema Galileo, que es el programa europeo de navegación global por satélite, formado al inicio por una constelación de treinta satélites girando en órbita media, a 23.222 kilómetros de altitud —aunque hoy solo operan 23—, y que es la respuesta independiente del Viejo

Continente a la supremacía de los sistemas GPS estadounidense y GLONASS ruso. Con fines exclusivamente comerciales y civiles, su precisión en el uso público es de un metro en superficie, llegando a un centímetro en el modo encriptado. O eso dicen. Con esos números es difícil perderse. O esconderse.

Si miras casi cualquier libro de historia es frecuente que leas que la casualidad hizo que el mismo año de la muerte de Galileo —1642— naciera Isaac Newton.

Es normal, porque unos autores copiamos a otros, y cuando una frase tiene cierto impacto es cortada y pegada hasta la saciedad. El famoso Eppur si muove —«Y

sin embargo, se mueve»— que supuestamente pronunció Galileo por lo bajini tras oír su sentencia y abjurar del heliocentrismo es un invento que vino para quedarse, y aquí va a seguir porque te lo acabo de escribir, aunque no pensaba hacerlo y lo tenía tachado en mis notas. Pues lo mismo pasa con las fechas mágicas entre Galileo y Newton.

Pareciera que algún tipo de espíritu o musa científica —tal vez Urania — hubiera transmutado o viajado desde el lecho de muerte del italiano hasta la cuna del inglés o, al menos, es bonito imaginarlo así. Lo cierto es que este dato tampoco es real, pero no ya porque sea una invención, sino porque también la casualidad hizo que se interpusiera entre ambos el calendario. Galileo murió con el

calendario reformado, el gregoriano, mientras que Newton nació con el calendario sin reformar, el juliano. Los británicos y los suecos fueron los últimos en pasar por el aro del papa Gregorio, allá por 1752, más de un siglo después.

Con las cuentas exactas, Newton nació el 4 de enero de 1643, y no el 25 de diciembre de 1642.

Visto desde la perspectiva del siglo XXI, que Newton naciera diez días más tarde no tiene especial relevancia. Lo que resulta increíble es todo lo que este hombre fue capaz de estudiar y resolver hace más de trescientos años solo con pluma y papel. Imagínatelo con un vulgar iPad, con su característica manzanita en la carcasa. El asunto de la manzana también es otro referente habitual para Isaac Newton, así que podemos empezar por él.

La anécdota la cuenta un Newton ya anciano a su biógrafo y casi amigo William Stukeley, que la incluyó en su libro Life of Newton,

publicado en 1752. Según Stukeley, ambos estaban tomando el té bajo unos manzanos cuando Newton afirmó que, en esa misma situación, se le había ocurrido la noción de gravitación muchos años atrás: «¿Por qué la manzana siempre cae perpendicularmente hacia el suelo y no hacia otro lado, o hacia arriba? Porque la Tierra la atrae, y también la manzana atrae a la Tierra…».

No fue tan sencillo como esto, obviamente. Newton tuvo cierta tendencia en su vejez a resaltar una imagen de sí mismo como un genio visionario, porque le iba en el carácter, que, por cierto, era bastante difícil y no propició que tuviera muchos amigos. De hecho, no tuvo casi ninguno conocido, a excepción de un matemático suizo —Nicolas Fatio— del que se conservan algunas cartas. Y

apenas una novia, o algo parecido, en su juventud. El mito de la acción reveladora de la manzana quedó así para la historia, igual que la ingerida por la desinhibida Eva o el mismo logo de Apple, que tal vez no sabías que proviene de este mismo suceso.

Aunque ahora está de moda decir que tiene que ver con un oculto homenaje de Steve Jobs al británico Alan Turing, el pionero en las ciencias de la computación, que al parecer terminó suicidándose con una manzana que contenía cianuro, como la que mordió Blancanieves. Pero la realidad es mucho más prosaica. En el primer logo de la exitosa compañía de Jobs (diseñado en 1976 por Ronald Wayne, el tercer cofundador de Apple), sale Newton debajo de un manzano sin cobrar derechos de autor. Lo puedes encontrar fácilmente en Internet, es bastante curioso. Y feo, comparado con el de ahora. Incluso contiene

un texto: «Newton, una mente viajando para siempre a través de los extraños mares del pensamiento en soledad», que parafrasea a un poeta inglés. El logo de Newton duró solo un año, y todavía menos Ronald Wayne en la empresa, que no confió en el proyecto de Jobs y Steve Wozniak, y terminó vendiendo su participación en Apple por 800 dólares. Hoy sería multimillonario, pero no parece importarle mucho.

Las contribuciones de Newton a la ciencia son fundamentales. Y a la astronomía, más aún si cabe. Antes de que Newton desenfundara la pluma, la física de los cielos y la terrestre eran cosas diferentes, sin relación alguna, tal y como proponía la filosofía aristotélica. Nada podía hacernos sospechar que las leyes que rigen el movimiento de estrellas y planetas son las mismas que mueven la bala de un cañón… o la caída de una manzana. La magnitud de su obra, en especial de su

libro Philosophiae naturalis principia mathematica —más conocido como los Principia—, hace que sea considerado por la mayoría como el científico más grande que ha pasado por el planeta Tierra. Y, de momento, no sabemos de más científicos en planetas diferentes. Ni tan siquiera de que se den los necesarios manzanos en ningún otro sitio.

En los Principia, Newton formuló las leyes del movimiento y de la gravitación universal, que siguieron vigentes hasta la aparición de la teoría de la relatividad de Albert Einstein. Y, en general, siguen funcionando igual de bien, proporcionando una descripción matemática exacta de las leyes de Kepler del movimiento planetario, de las trayectorias de los cometas, de la evolución de las mareas y de la precesión de los equinoccios, por ejemplo. Tras Newton, cualquier duda acerca del sistema heliocéntrico parece ya absurda.

La vida de Isaac Newton, como corresponde a uno de los especímenes de sapiens más avanzados —o el que más—, ha sido desmenuzada en infinidad de textos y tesis, así que poco puedo aportar salvo alguna anécdota o chascarrillo poco conocidos. Tuvo una infancia complicada, fue criado por su abuela porque su padrastro lo apartó de su madre. Por fortuna, su padrastro no era la madrastra de Blancanieves y se limitó a largarlo de casa sin malgastar las preciadas manzanas.

A los dieciocho años ingresó en la Universidad de Cambridge. Justo al licenciarse, en 1665, una epidemia de peste obligó a Newton a regresar a su localidad natal —Woolsthorpe—, donde se recluyó dos años y desarrolló muchas de las ideas fundamentales que más tarde le hacen famoso. 1666 es su propio

annus mirabilis. Tal vez en otras circunstancias esta cita estaría de más por superflua, pero por desgracia la pandemia de la covid-19 ha llevado a miles de científicos de todo el mundo a recluirse en sus casas durante meses, tal y como hiciera Newton. Si uno se pasea por las redes sociales, puede comprobar que no son pocos los que piensan que, tal vez, de esta catástrofe pueda surgir otro genio como él. Yo lo dudo, pero sería lo único bueno que se me ocurre como colofón a esta inesperada pandemia moderna.

En 1672 Newton ingresa en la prestigiosa Royal Society. Y lo hace de la mano de un invento que todavía no he mencionado: el telescopio reflector. La idea de usar espejos, y no lentes como hacía Galileo, no es nueva, pero no se había puesto en práctica. Newton conoce el problema de la llamada «aberración cromática», defecto que hacía que las lentes se comportaran como prismas separando el espectro de la

luz. En su diseño usa un espejo primario cóncavo y uno plano secundario en diagonal para llevar la luz al ojo.

El espejo primario está fabricado con una aleación de cobre y estaño, y tiene forma esférica (la parabólica era más adecuada, pero complicadísima de fabricar) y un diámetro de solo 33 milímetros. Con él Newton observa nítidamente las lunas de Júpiter y las fases de Venus. Sin embargo, los astrónomos prefieren seguir usando lentes, mucho más fáciles de pulir que el novedoso espejo. A la larga estos se impusieron, pero eso lo dejamos para otro capítulo. El original diseño de este telescopio impresiona al rey Carlos II y le abre las puertas de la Society. Por lo demás, Newton no practicó la astronomía observacional salvo por este asunto, aunque sí la astrología, la interpretación bíblica, la alquimia, el ocultismo y algunos otros disparates semejantes con bastante profusión. Aunque pueda parecer increíble, Newton aunó una inteligencia descomunal con una personalidad bastante naif en algunos aspectos. No se lo vamos a criticar, que bastante hizo el hombre.

En 1684, Edmund Halley (el señor del cometa, cuestión que tenemos atada de un hilo) visita en Cambridge a Isaac Newton. Junto con Christopher Wren (el arquitecto diseñador de la catedral de San Pablo de Londres) y Robert Hooke (otro polímata al que quizá conozcas por sus muelles), Halley estaba inmerso en la determinación de la órbita cometaria. Los tres colegas habían postulado la existencia de una fuerza de atracción que el Sol ejercía de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Pero no sabían cómo encajarla con las intocables órbitas elípticas planetarias de Kepler.

Para solucionar el difícil problema, encontraron la mejor solución: preguntar a un tipo estrafalario, raro y siempre malhumorado que ocupaba la cátedra lucasiana en el Trinity College. Este cargo fue inaugurado en 1663 por Henry Lucas, miembro del Parlamento inglés, y lo han ocupado Isaac Newton, Charles Babbage, George Stokes y Paul Dirac, entre otros, y recientemente, Stephen Hawking. Newton aceptó el reto propuesto por Halley sin dudarlo. Se puso a revisar los cálculos hechos durante su confinamiento y a los pocos meses remitió a Halley su primer resultado: «La trayectoria que genera una fuerza de atracción inversamente proporcional al cuadrado de la distancia es una cónica que, a velocidades por debajo de cierto límite, coincide con una elipse».

Solo dos años más tarde Halley propuso a la Royal Society la publicación de los trabajos completos de Newton al respecto, los famosos Principia. Quizá sepas que esta obra cumbre —el libro más

influyente de la humanidad, exceptuando los religiosos y la sacrosanta Constitución de los Estados Unidos de Norteamérica— está dividida en tres volúmenes. El primero expone las famosas tres leyes sobre el movimiento de los cuerpos. El segundo es básicamente un tratado sobre mecánica de fluidos, y en el tercero, titulado El sistema del mundo, se deducen los movimientos de los cuerpos celestes, que incluye la ley de la gravitación universal: «Dos cuerpos cualesquiera se atraen con un fuerza proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas». Y punto. Todo está dicho ya. Como escribió el poeta Pope a modo de epitafio: «Dijo Dios: "Hágase a Newton", y todo se hizo luz».

Los Principia recogen la solución a muchísimos de los problemas que permanecían sin resolver desde tiempos inmemoriales. Por ejemplo, la teoría de las mareas como efecto de la atracción gravitatoria conjunta de Sol y Luna sobre las aguas de los océanos. También la forma de los planetas, achatados por los polos. Las medidas que comprobaron que nuestro planeta es un geoide (dista de una esfera perfecta en un 0,1 por ciento, que son solo unos 21 kilómetros) tardaron en realizarse, y se llevaron a cabo con los trabajos geodésicos de las expediciones de la Academia de las Ciencias de París en el siglo XVIII. Esta es también la causa última de la precesión de los equinoccios. Si la Tierra fuera una esfera perfecta, la atracción del Sol no produciría un momento de fuerza sobre ella, y por tanto no se modificaría la dirección del eje terrestre.

Y Newton no solo resolvía problemas pasados, sino que se anticipaba a otros muchos, como la existencia de planetas fantasma: Neptuno fue encontrado por deducción gracias a las alteraciones gravitatorias que producía sobre la órbita de

su hermano Urano. Gracias a Newton, todo iba a resultar mucho más sencillo.

VI

… Y cometas

Con la invención del telescopio, el enunciado de las leyes de Kepler y Newton, y las observaciones que se hicieron después, el camino estaba despejado para completar el conocimiento de nuestro sistema solar, que, por aquel entonces, era lo mismo que decir todo el universo. Salir más allá de nuestro vecindario era impensable, ni siquiera podíamos aventurar si había algo más o todo estaba contenido dentro de la esfera de las estrellas fijas. Pero ¿cuándo se supo que el Sol era

también una estrella?

Responder a esta pregunta no es sencillo. Giordano Bruno imaginó infinitos mundos girando en torno a infinitos soles; aunque adoptó el modelo copernicano, su visión es más bien filosófica que matemática. No nos vale si nos ponemos estrictos o estupendos, que viene a ser lo mismo en cuestiones científicas. Kepler describe con sus tres leyes el movimiento planetario alrededor del Sol, pero no cambia el papel de este. Que la Tierra es un planeta ya estaba claro. No nos quemamos los pies cuando caminamos descalzos, y no tiene más luz propia de noche que las luciérnagas o la constelación de refulgentes satélites Starlink. Si solo habían cambiado sus papeles la Tierra y el Sol, no había razón para pensar en una estrella.

El primero que comenzó a sospecharlo con seriedad fue probablemente el holandés Christiaan Huygens. Otro polímata contemporáneo de Newton que tampoco quiso saber de otra cosa fuera de las matemáticas, la astronomía, la física y sus propios inventos, como el reloj de péndulo, que parió en 1656.

También mejoró las técnicas de Galileo en la fabricación de telescopios y, con uno de 50 aumentos, fue capaz de resolver la figura real de Saturno, cuyo anillo describió como «delgado, plano, sin tocar el planeta e inclinado hacia la eclíptica». Con el mismo aparato descubrió Titán, la mayor de sus lunas, y algunas estrellas en la nebulosa de Orión. También estrellas dobles, un volcán en

Marte y docenas de cosas más. Mirar por un telescopio es lo que tiene. Hay infinidad de cosas que aparecen sin querer. Como los cientos de satélites inútiles del amigo Elon Musk.

Huygens murió en 1695 antes de ver publicado su último libro, Cosmotheoros.

En él se desahoga y da rienda suelta a su imaginación, sin miedo al qué dirán o a quién me denunciará. Aunque se suelen asociar las comprometidas cuestiones teológicas al ámbito católico, en la parte luterana de Europa las cosas no eran mucho mejores. Muchas veces se ha dado en llamar a Kepler «el Galileo luterano». Solo su cargo de matemático imperial lo libró de mayores problemas con su Iglesia, y le sirvió para salvar a su propia madre de la hoguera, ya que había sido acusada por unos vecinos de llevar a cabo actos de brujería. Es lo que ocurre con los vecinos, que te denuncian por satanismo al tiempo que escuchan músicas infernales a todo volumen. En Cosmotheoros, Huygens especula sin tapujos con la vida extraterrestre en otros

planetas, y —muy acertadamente—

sobre el papel que el agua jugaría en ellos. Conjeturó también que los puntos blancos observados en las superficies de Marte y Júpiter podían ser, en efecto, hielo. Y que, dada la gran distancia entre los planetas, Dios no tendría intención de que los habitantes de los diferentes mundos se conocieran nunca. Y, de momento, así es.

En este mismo libro, y es lo que nos importa ahora, Huygens publicó su método para estimar las distancias estelares. Se le ocurrió un procedimiento ingenioso, aunque nada preciso. Sobre un papel en el que proyectaba la superficie del Sol hizo agujeros de diferentes tamaños, hasta hacer coincidir uno con el brillo de Sirio, nuestro amigo egipcio. Del ángulo subtendido infirió que, si Sirio tenía el mismo brillo que el Sol (es decir, consideraba que el Sol era una estrella), debía de estar unas 27.664 veces más lejos. No acertó ni de lejos en lo lejos que estaba

—hoy sabemos que Sirio está a 8 años luz, relativamente cerca, unas dieciséis veces lo calculado—, pero lo que contaba era la intención y, sobre todo, el concepto.

Tras Huygens fue el alemán Friedrich Bessel quien, alrededor de 1842 —ya había llovido, y más en Westfalia—, calculó de forma fiable la distancia de las estrellas a la Tierra, considerando que el Sol indudablemente era una de ellas.

Utilizó el llamado «método del paralaje», que seguro te suena. El paralaje es el cambio aparente de la posición de una estrella respecto a un fondo más lejano —

otras estrellas que podemos considerar fijas— cuando cambia la ubicación del observador, por ejemplo, al pasar medio año de movimiento terrestre. Si este

observador inteligente mide este desplazamiento y conoce el diámetro de nuestra órbita, podrá calcular la distancia a la que se encuentra la estrella jugando con la trigonometría más simple de Euclides.

Bessel eligió una estrella que tenía un movimiento propio alto (en concreto, la 61

Cygni), y tras medirla durante año y medio dedujo que este paralaje era igual a 0,314 segundos de arco o, equivalentemente, 657.000 veces la distancia de la Tierra al Sol. A mayor distancia, el paralaje lógicamente es menor.

Nuestra estrella más cercana (que es un sistema triple, en realidad) es Alfa Centauri, y nos envía su indeseada música desde una distancia que corresponde a 4,3 años luz (un paralaje de 0,765 segundos de arco). Todas las estrellas están por debajo de un segundo de arco de paralaje, lo que es muy poquito. Distancias equivalentes a 100 años luz ya no son medibles con este método. Pero encontraremos otros medios para hacerlo, no pierdas la fe. Por cierto, aunque no lo he aclarado antes seguro que sabes que un año luz es la distancia que recorre la luz en el vacío a lo largo de un año, que equivale a 9,46 billones de kilómetros. Exactamente, por si gozas con los números, el valor es de 9.460.730.472.580,8 kilómetros.

Los planetas eran conocidos desde la Antigüedad como estrellas errantes, es decir, que alteraban sus movimientos respecto a las estrellas fijas. Pero no eran los únicos cuerpos celestes que rompían el orden inmutable. También desde los primeros tiempos se conocen los cometas. Aparecían de forma imprevista, moviéndose entre las estrellas, como los fans. Y luego desaparecían. Algunos de ellos volvían a aparecer al cabo de muchos años, de forma periódica y, por tanto, predecible. ¿En qué esfera estaban estos cometas? ¿De dónde salían y dónde se escondían después durante tanto tiempo?

Escribo estas líneas justo en las fechas en las que un cometa inesperado —que ha sido bautizado como Neowise— surca los cielos. Probablemente, el cometa más fotografiado de la historia de la astronomía, apuntado y acribillado por millones de teléfonos móviles, incluso por tu iPhone con la manzana de Newton.

Enhorabuena por no perderte el maravilloso espectáculo.

Retrocedamos un momento hasta Aristóteles. Según él, los cometas eran fenómenos meteorológicos, como una tormenta o un tornado. La esfera de aire entre la Tierra y la Luna contenía «exhalaciones calientes» que ascendían hasta

llegar a arder. Si eran consistentes, se formaba un cometa, que tardaba en consumirse. Si eran débiles, se consumían pronto, que era lo que ocurría con las estrellas fugaces o los llamados «bólidos», por ejemplo.

Todo este concepto cambió bastante en el mes de noviembre de 1577, cuando el Gran Cometa apareció en el cielo. Y Tycho Brahe lo pilló al vuelo casi antes de que surgiera. Anotó que el cometa había pasado cerca de Venus y, para saber exactamente a qué distancia estaba, comparó sus medidas tomadas en la isla de Ven con las de su amigo Thadeus Hajek, que estaba en Praga. Los dos vieron al cometa en el

mismo sitio, pero la Luna se había movido de su lugar. Por tanto, el cometa estaba más lejos. Esta conclusión fue el primer hachazo al modelo aristotélico. A Tycho Brahe se le discutía menos si cabe que a Aristóteles.

Hoy sabemos que los cometas son cuerpos de hielo y rocas orbitando el Sol como los planetas, pero generalmente con mucha mayor excentricidad. Su trayectoria puede ser elíptica como la de estos, pero también parabólica e hiperbólica. Cuando se acercan al Sol, parte de su material se sublima produciendo su famosa cola, formada por polvo y gas. Cometa significa

«cabellera» en griego.

Durante milenios los cometas no cayeron bien. No caen, en general, si Newton no lo ordena. A los humanos nunca nos han gustado los cambios, y si el cielo cambiaba era un presagio de que algo iba a cambiar también sobre la Tierra. Una nueva guerra, otra sequía o la muerte del rey. Así, en los meses que siguieron al paso del Gran Cometa, el monje español Antonio de Villacastín reporta en sus Memorias la muerte del rey de Portugal, de tres reyes moros, del príncipe Wenceslao y de don Juan de Austria, así como la del príncipe don Fernando, hijo de Felipe II.

Pero no, no te agobies, que el precioso cometa Neowise (que debe su nombre al telescopio espacial que lo detectó, y alcanzó en pocas semanas una elevada magnitud aparente +3 desde que se descubrió el 27 de marzo de 2020) no tiene nada que ver ni con la pandemia, ni con el descenso de tu equipo de fútbol, ni con que hayas perdido tu trabajo o tu pareja te haya dejado. Levanta ese ánimo, esa cabeza y mira al cielo, campeón.

Tras el Gran Cometa de Tycho, el más famoso es el cometa Halley. Y su fama se debe a que se ha observado periódicamente cada 76 o 77 años, desde el año 66 a.

C. Edmund Halley, iluminado por Newton, pudo calcular por vez primera la

órbita de su cometa y anunciar sus próximas llegadas. Esa periodicidad en su órbita elíptica coincide casi con el tiempo medio de una vida humana. Así que cada individuo sapiens verá el Halley una o dos veces en su vida a lo sumo. La última vez que pasó fue en 1986, así que lo esperamos para 2062. Espero no perdérmelo esta vez, aunque no sé cómo estará mi vista con 98 años.

El origen de los cometas parece estar en dos lugares, dependiendo del tamaño de sus órbitas. El lugar más cercano es el llamado «cinturón de Kuiper», a una distancia entre 30 y 50 unidades astronómicas (que es la distancia Tierra-Sol).

Allí, más allá de Neptuno, se encuentran orbitando el Sol los llamados objetos TNO —Trans Neptunian Objects—, como los miniplanetas Sedna, Quoar… y Plutón, que merece un gran párrafo aparte.

Gerard Kuiper fue un excelente astrónomo holandés que adoptó la nacionalidad estadounidense y fue tutor de Carl Sagan entre otras cosas mucho más importantes. Se hizo famoso por su extraordinaria agudeza visual, pues era capaz de localizar estrellas de magnitud +7,5 a simple vista, el equivalente a la cuarta parte del brillo que puede captar una persona normal.

El segundo almacén de cometas es la llamada «nube de Oort», que está mucho más lejos, en los límites de nuestro sistema solar, casi a un año luz del Sol.

También acumula multitud de objetos, además de los llamados «cometas de período largo», como el Halley. Debe su nombre a otro holandés, y ya van varios en este capítulo, Jan Hendrik Oort, que en 1950 propuso que esta nube de desechos de materia (unas cinco veces la masa de la Tierra) son los restos del disco protoplanetario que se formó alrededor del Sol, hará unos 4500 millones de años, año arriba, año abajo.

Oort también demostró que nuestra galaxia, la Vía Láctea, gira, y que su masa es 100.000 millones de veces la del Sol. Y, puestos a hacer cosas en su tiempo libre, se las tuvo tiesas con los nazis durante la ocupación alemana de Holanda.

Renunció a todos sus cargos universitarios y se marchó a una casita en el campo con su familia, a esperar a que pasara la tormenta. Así que, como Newton y tú mismo, se pasó un tiempo confinado pensando en las maravillas del universo.

Cazar cometas ha sido y es una de las aficiones favoritas de los astrónomos. El más famoso fue el francés Charles Messier, que descubrió trece desde 1744 hasta 1817, año en el que murió. Sin embargo, estos cometas no le dieron su merecida

fama. Fue justo al contrario. Con su ayudante, Pierre Méchain, apuntaba las posiciones de las manchas borrosas en el cielo que podían confundirse con cometas. Eran caza menor y no servían. Al

final, estos Catálogos Messier resultaron ser de mucho más interés que los enormes trozos de hielo de ardiente cabellera. Identificó 103 objetos inútiles que, años después, se interpretaron como nebulosas, cúmulos abiertos, nebulosas planetarias, galaxias, cúmulos globulares y hasta restos de supernovas.

Si eres aficionado a la fotografía astronómica, puede que seas un cazador de objetos Messier. Hoy son muy conocidos los Maratones Messier, competiciones entre astrónomos aficionados con el fin de encontrar el máximo número de estos objetos (hasta 110 diferentes, en el catálogo ampliado) en una sola noche. Si vives en una latitud alrededor de los 25º N y eliges la época apropiada del año (desde mitad de marzo al comienzo de abril), es posible que los veas casi todos.

O todos, como hizo un tal Gerry Rattley la noche del 23 al 24 de marzo de 1985

desde Arizona.

Los cometas más recientes, una vez aparecen, son cazados fácilmente y puestos a disposición de quien les quiera disparar. Seguro que te suena el cometa Hale-Bopp, (descubierto en 1995 y visible durante dieciocho meses), el Hyakutake (en 1996 se aproximó a solo 15 millones de kilómetros de la Tierra) o el Shoemaker-Levy. Este cometa singular fue descubierto por el matrimonio Schoemaker y David Levy en 1993. Lo sorprendente fue que no giraba en torno al Sol, sino que había sido capturado por el gigante gravitatorio Júpiter. Y de las mediciones de su órbita se dedujo de forma inequívoca que se iba a estampar contra él. Y así lo hizo, tal y como estaba previsto, el día 16 de julio de 1994. Lo que me da pie para contar una inolvidable anécdota personal.

En 1992 yo apenas acababa de llegar al Instituto de Astrofísica de Canarias en Tenerife. A los pocos meses, un grupo de ingenieros comenzamos a trabajar en el diseño de una cámara infrarroja para un telescopio de 1,5 metros en el Observatorio del Teide. La noticia de que un cometa iba a impactar contra Júpiter aceleró de forma imprevista los trabajos. Nos consiguieron en préstamo uno de los mejores detectores infrarrojos disponibles, el NICMOS,5 igual que los que alojaba en su instrumentación el flamante telescopio espacial Hubble. Y

no era fácil, porque toda la tecnología estadounidense en infrarrojos está sujeta a los exasperantes permisos ITAR.6 El desarrollo de la

electrónica necesaria para su manejo fue a contrarreloj, así como la instalación de la cámara en el telescopio Carlos Sánchez, a la que ingeniosamente un compañero bautizó como

CAÍN (por Cámara Infrarroja), por lo mal que nos lo hizo pasar. Tras recluirnos más de dos semanas en el observatorio poniéndola a punto con metros y metros de cinta americana, teflón y silicona, la noche del 16 de julio estábamos listos.

Unos veinte minutos después de la hora del primer impacto previsto —el cometa había sido destrozado en mil pedazos por el dios romano previamente a su entrada—, Júpiter giró y apareció una mancha en su borde sur con un brillo descomunal. Eran las 21:18 en Canarias. En el rango visible, otros telescopios vecinos no habían notado nada, pero en nuestra longitud de onda de observación (2,166 micras, o 0,002166 milímetros) los efectos eran pirotécnicos. Uno tras otro fuimos registrando distintos fragmentos cometarios que superaban en brillo tanto la mancha roja como el propio satélite Ío, invitado de excepción. El impacto del etiquetado como fragmento «L» fue especialmente brutal. Una enorme llamarada (posiblemente una enorme burbuja de gas caliente) envolvió casi medio planeta por unos segundos saturando completamente mi detector.

Los astrónomos que estaban allí casi se vuelven locos, y gran parte de mi trabajo aquella noche consistió en impedir que tocaran nerviosamente el ratón del ordenador de control, porque cuando lo hacían se colgaba de forma inexplicable el programa de la cámara y había que reiniciarla antes de que me pegaran.

Aquellas primeras imágenes dieron la vuelta al mundo porque fueron las primeras que se obtuvieron de la enorme colisión celeste, junto con las de los colegas del observatorio almeriense de Calar Alto. Hasta varias horas después el cometa no se hizo visible en los observatorios de Chile, y el mal tiempo impidió que se observara en Hawái, así que España se llevó el mérito y las felicitaciones de la NASA, entre otros centros de menor importancia, por lo que se conoció como «el cometazo».

No puedo dejar de recordar aquí el singular titular de uno de los principales periódicos nacionales al día siguiente: «Un telescopio español observa el cometazo que ha movido el planeta Júpiter 0,002166 milímetros de su órbita».

Eso sí es precisión, y no la de Kepler. Por cierto, nuestro querido CAÍN ha seguido funcionando de forma casi ininterrumpida hasta su

reciente jubilación, tras más de veinticinco años de servicio y miles de píxeles caídos en combate.

Los resultados de Newton solventaron unos cuantos problemas conocidos, pero también abrieron la puerta a la resolución de otros nuevos. Ya conocíamos cómo y por qué se mueven los planetas alrededor del Sol. Y que el Sol es una estrella.

Las siguientes preguntas caían por su propio peso. ¿Cómo se formaron el Sol y los planetas? La primera idea se la debemos a otro polímata, este vez de origen sueco, Emanuel Swedenborg, contemporáneo y conocido de Newton, puesto que, al contrario que este, viajó por toda Europa incluyendo, cómo no, las universidades de Oxford y Cambridge.

Swedenborg publicó más de cien libros, pero la mayoría de ellos fueron intrascendentes, ya que a mitad de su vida cambió la ciencia por la teología y el esoterismo. Nuestro protagonista argumentó que se le apareció Jesucristo en su casa de Londres para encargarle una reinterpretación de las Escrituras, y lo hizo justamente a la hora del té (hecho al parecer verídico, tal y como contaba el escritor Jorge Luis Borges, admirador del personaje).

Antes de esta reconversión espiritual, Swedenborg gozó de un merecido prestigio como matemático, biólogo, geólogo, químico y astrónomo, y a él le debemos la hipótesis de la formación nebulosa del sistema solar. Después del episodio de chaladura por el cual es mundialmente conocido (es uno de los padres del cientifismo, la teosofía y la antroposofía, saberes todos ellos más que discutibles, por no decir que directamente prescindibles), se le atribuyen varios sucesos proféticos e inverosímiles habilidades psíquicas. En 1758 publica un libro en el que revela que ha establecido «contacto» con espíritus de Júpiter, Marte, Saturno, la Luna, y con habitantes de todos los planetas conocidos del sistema solar… y de fuera de él. No fue a la hoguera porque las Iglesias del norte y del sur ya habían abierto la mano. Muy al contrario, gozó de una extraña reputación de sabio tanto en su época como en la actualidad. Si lo he traído a colación aquí ha sido por su primera y única contribución sensata a la formación planetaria y para hacer unas risas e introducir al siguiente personaje, que sí es realmente de interés.

Pierre-Simon Laplace —conocido como «el Newton de Francia»— sí fue un científico en toda regla, un formidable astrónomo y matemático al cual le debemos muchos quebraderos de cabeza en nuestros bachilleratos y estudios.

¿Quién no ha tenido que pelearse con las transformadas de Laplace? ¿O

directamente con los operadores laplacianos? Muy al contrario que Swedenborg, tenía en poca o ninguna consideración la cuestión religiosa, y respondió con frases inmortales a las cuestiones que le formulaba el emperador Napoleón.

«Aunque la hipótesis divina puede explicarlo todo, no permite predecir nada», dicen que le dijo entre otras lindezas. La confianza era debida a que Napoleón Bonaparte había sido alumno suyo en la Escuela Militar de París, no a que fuera

de listo con el ilustre personaje.

Su obra astronómica más importante es el Tratado de mecánica celeste, un enorme compendio de cinco volúmenes totalmente analítico —o sea, todo fórmulas— en el que perfecciona el modelo de Newton con una cantidad enorme de cálculos para explicar pequeñas anomalías en los movimientos de algunos planetas, como en Júpiter —que se aceleraría un poco— y en Saturno —que, por el contrario, se frenaría—, de tal forma que no escapan del sistema solar.

Previamente a esta obra desmedida, Laplace había publicado en 1796 su Exposición del sistema del mundo, en la que describe su teoría de formación del Sol y los planetas a partir de una nebulosa en rotación formada por polvo y gas.

Su colapso gravitatorio habría dado origen en primer lugar al Sol, y el material que terminó girando en torno a este se habría condensado en los planetas. Esta explicación encaja con el hecho de que todos los planetas orbitan en el mismo sentido (de oeste a este) y con que son coplanares, como sabemos desde el descubrimiento de la eclíptica. Laplace tiene un asteroide, un cabo en la Luna (en una gran llanura llamada Mare Imbrium) y, por descontado, su nombre grabado entre los de los setenta y dos sabios que adornan los frisos de la torre Eiffel.

Estudios recientes datan la antigüedad del sistema solar en unos 4600 millones de años, que es la estimación que nos han proporcionado los meteoritos que han caído por aquí. En la Tierra las rocas más antiguas datan de hace unos 4400

millones de años. Todas estas cosas se miden gracias a la llamada «datación radiométrica o de radioisótopos», de la que seguramente has oído hablar por lo que me ahorro aquí la explicación de física nuclear.

En los períodos iniciales, el sistema solar podía asemejarse mucho a una gran mesa de billar, con una enorme cantidad de pequeños planetesimales que ni formaban un planeta por sí mismos, ni eran aceptados como satélites de otros. Se cree que poco a poco los gigantes jóvenes —Saturno y Júpiter— fueron barriendo de escombros nuestro vecindario, yendo muchos de estos objetos a la ya mencionada nube de Oort y también al cinturón de Kuiper, y muchos otros simplemente se estrellaron contra los planetas ya formados, aunque todavía no había llegado yo a este mundo singular para fotografiarlos. De ahí, el aspecto de los cuerpos rocosos, como Mercurio o la Luna, picados de viruela en toda su superficie.

Si este es el pasado, el presente es mucho más tranquilo, y los astrónomos creen que nuestro sistema planetario durará cientos de millones de años tal cual está.

El futuro, contando ya en muchos millones de años, es más incierto. Se especula con que la gravedad deshará los anillos de Saturno ayudada por sus satélites, la Luna se seguirá retirando lentamente de la Tierra hasta sincronizarse con ella completamente y otras cosas de menor importancia.

En cualquier caso, el futuro a largo plazo está marcado por la evolución de nuestra estrella, el Sol. Si no nos hemos extinguido antes —que es lo más probable, y al paso que vamos será más pronto que tarde—, nuestro futuro como humanidad dependerá de encontrar algún sitio a donde ir. Pero para eso faltan todavía unos mil millones de años, así que podemos seguir remoloneando un poco más e infravalorando el trabajo de los científicos, que alcohol y cemento son los ingredientes básicos de cualquier economía irresponsable que se precie.

Por supuesto, prometo hablar del fin del mundo cuando toque —bueno, un poco antes de que llegue—, y con algo más de criterio del atribuido a los ingenuos mayas. Pero eso será algo más adelante, que apenas acabamos de empezar a conocer nuestro universo y a sus ingeniosos habitantes.

VII

… Y nuevos planetas

Los telescopios seguían creciendo con los años y, como los niños, se hicieron grandes y fuertes casi sin darnos cuenta. A finales del siglo XVIII, la mayor parte de los astrónomos eran también consumados

artesanos que pulían sus propias lentes o espejos, cada vez mayores, y ensamblaban complejas estructuras para soportar los tubos donde montaban la óptica. El diseño principal no cambiaba demasiado. Dominaban los telescopios basados en lentes, pero los reflectores —como había predicho Newton acertando en casi todo— iban ganando terreno. Muy pronto los famosos Catálogos Messier se quedaron pequeños, y el número de objetos que se descubrían en el cielo aumentaba de forma imparable. La mayoría continuaba siendo un misterio, pero en algunos de ellos, los más sencillos, ya se distinguían con facilidad distintas agrupaciones estelares, como los cúmulos abiertos y los cerrados de estrellas. A pesar de la abundancia de estos extraños y nuevos objetos, y de los frecuentes cometas que surcaban el firmamento, no había más planetas que los conocidos desde la Antigüedad. Hasta 1781.

William Herschel combinaba las dos habilidades mencionadas —astronomía y artesanía— armoniosamente. Quizás esta necesaria cualidad le venía de fábrica, pues su verdadera profesión era la de músico. Tocaba de forma magistral el oboe, el violín y el órgano, y fue director de orquesta, además de notable compositor; llegó a firmar hasta seis sinfonías. Herschel compaginó las actividades de músico y astrónomo durante casi toda su larga vida.

Aunque no tan larga como la de su hermana Caroline, su infatigable ayudante y tercera astrónoma de importancia que encontramos, y que lo sobrevivió hasta los 98 años. Caroline Herschel se dedicó completamente a nuestra ciencia favorita; es para muchos la primera astrónoma oficial de la historia, pues tenía un sueldo como tal del rey Jorge III. En su haber hay notables descubrimientos, como ocho

cometas e innumerables sistemas estelares binarios, además de completar los detallados catálogos de su hermano. Tiene su nombre en un pequeño cráter en la Luna, bastante aislado, curiosamente.

Los Herschel habían nacido en Alemania, pero el impacto de su participación en la Guerra de los Siete Años (un complicado anticipo de las guerras napoleónicas y la primera gran confrontación internacional encabezada por Francia, de un lado, y Gran Bretaña de otro) conmocionó sobremanera a nuestro protagonista, que decidió irse a vivir a Inglaterra con su hermano Jacob; Caroline lo hizo más tarde. De ahí que todos sus hallazgos sean patrimonio británico. El 13 de marzo de 1781 observó otro cometa. La confusión habitual, nada nuevo bajo el sol. Más tarde se percató de lo que era: un planeta como la copa de un pino, pero lejano, situado más allá del quinto de estos árboles. Lo llamó Georgium Sidus (o sea, planeta Jorge). Hay quien

dice que Herschel le puso el nombre de su protector para consolarlo, como quien regala un pastel o una mascota. Y es que el rey Jorge acababa de perder buena parte de América del Norte con la independencia de sus primeros estados en 1776.

Supongo que ya no tendrás duda de que nos estamos refiriendo a Urano. Aunque Herschel fue el primero en comprobar que era un planeta, ya he aludido a que pudo haberlo observado Galileo (quizás pensó que era una simple estrella, o un satélite más de Júpiter por su casual cercanía), y también otros astrónomos de prestigio, como John Flamsteed (en 1690 lo anotó como una estrella), o más adelante Pierre Le Monnier. Hay incluso quien dice que es una de las estrellas catalogadas por Hiparco, y posteriormente incluida en el catálogo de Ptolomeo, puesto que su magnitud aparente está entre $+5$ y $+6$, por lo que es muy débilmente visible sin telescopio salvo que seas Gerard Kuiper.

El nombre de Urano tardó en decidirse. Fueron setenta años de discusiones, que no son pocos. La polémica entre los astrónomos fue grande, solo superada en los tiempos actuales por el conflicto con el planeta estadounidense Plutón. Herschel, que era el indudable descubridor, argumentaba que los antiguos planetas y cuerpos celestes llevaban nombres de héroes y divinidades, pero que ya no tenía sentido llamar a los nuevos descubrimientos con nombres tales como Pallas, Minerva o Apolo, sino que había que rendir homenaje a los nuevos héroes, que no eran otros que sus protectores. Pero el rey Jorge III no era —lógicamente—

del agrado de nadie fuera de Gran Bretaña, así que la oposición fue radical en toda Europa.

Al final, se adoptó la sugerencia clásica propuesta por el alemán Johann Bode, un astrónomo de prestigio, aunque de dudosa ética. Como por ejemplo en la ley que lleva su nombre, la de Titius-Bode. Esta ley matemática relaciona la distancia al Sol de los planetas según una serie aritmética bastante casual. El nuevo Urano la cumplía, aunque dejaba un hueco entre Marte y Júpiter, que llenó temporalmente Ceres, dentro del cinturón de asteroides, buscado expresamente por ello. Parece que Bode habría hecho suyo el descubrimiento de su colega Johann Titius, y la decisión salomónica final recuerda a ambos científicos para no dejar a nadie en mal lugar.

Gran Bretaña terminó tragando sapos con el nombre de Urano (el mitológico padre de Saturno) en 1850, sin que ya Herschel pudiera hacer nada por evitarlo desde el otro mundo. Aunque el principal

hallazgo astronómico de William Herschel fue Urano, también descubrió y catalogó con su hermana alrededor de 2500 nebulosas. Este era el término genérico para cualquier borrón estelar, y aún tuvo que esperar unos cuantos años para discriminarse. Y es que en muy poco tiempo el catálogo anticometario de Messier se había multiplicado por veinticinco. Ambos —con Messier ya muy anciano— se conocieron en París en 1801, junto con Laplace, en una triple conjunción estelar propiciada por Napoleón, que jugó el muy francés papel de rey Sol.

Pero la mayor contribución de Herschel a la astronomía fue la de impulsar la fabricación de los mayores y mejores telescopios posibles en su época (hasta 400

de todos los tipos y tamaños), tanto para su uso personal como por encargo de diversas instituciones científicas públicas y privadas, ricos curiosos, nobles y reyes. Al nuestro, a Carlos III, le costó 3150 libras de entonces contratar al gran Herschel y levantar el de Madrid. Que duró bien poco, por cierto. Pero esta y otras historias las guardamos, como el vino bueno, para el segundo plato.

Los reconocimientos a la figura de William Herschel son innumerables. Da nombre a cráteres en la Luna, en Marte y en el satélite Mimas de Saturno, a un asteroide —de estos hay para dar y regalar, la verdad— y a mil cosas más. Pero las más importantes son las que redundan en la propia investigación astronómica, entre las que destacan el gran telescopio WHT —William Herschel Telescope—, que se levanta en el observatorio de la isla canaria de La Palma, y también el HSO —Herschel Space Observatory—, una misión espacial de la ESA lanzada en 2009. El espejo primario del HSO medía 3,5 metros, y su instrumentación infrarroja estuvo enviando desde el punto L2 de Lagrange valiosos resultados hasta 2013. Hoy se encuentra apagado, orbitando el Sol

como si fuera un planeta o un cometa más.

Urano es, por tanto, el séptimo planeta del sistema solar contando desde el Sol.

En la mitología griega, es abuelo de Zeus —Júpiter— y padre de Cronos —

Saturno—. También es el tercer planeta más grande. Junto con su hermano casi gemelo Neptuno, recibe el nombre de «gigante de hielo», y está compuesto principalmente por agua, metano y amoníaco. Y es

que la temperatura en su superficie es de unos -224 ºC. Tarda en dar una vuelta al Sol justo 84 años terrestres, que coincide con la edad a la que murió Herschel por lo que se dice que su descubridor vivió lo justo y necesario como para ver dar una órbita completa a su planeta.

Entre sus aspectos más peculiares y menos conocidos puedo mencionarte que tiene anillos —aunque no tan espectaculares como Saturno—, una magnetosfera y muchas lunas, hasta veintisiete registradas, y subiendo, aunque Miranda, Ariel, Umbriel, Titania y Oberón son los mayores y más conocidos de sus satélites. Y

que está inclinado, muchísimo. Nada más y nada menos que casi 98º, así que sus regiones polares reciben mucho más calor —aunque poco, en cualquier caso—

que las ecuatoriales. La razón por la que Urano gira tumbado no está nada clara, aunque todo este tipo de comportamientos extraños suelen atribuirse a castañazos con otros cuerpos celestes en la época primigenia.

Urano es también el planeta menos fotografiado. Solamente fue sobrevolado por la misión Voyager-2 de la NASA en 1986 (la Voyager-1 tenía como prioridad Titán y no hizo caso de nuestro Urano). En los últimos años, tanto la ESA como la NASA se han planteado muy seriamente enviar una misión de bajo-medio coste para allá, pero siguen sin decidir cuándo, ni tampoco si Neptuno es un destino más razonable para gastarse el dinero. En 2020 aún no había ninguna misión aprobada con destino Urano. En cualquier caso, la sonda no estaría lista para despegar antes de 2031 como poco, y, si así fuera, llegaría a Urano más allá del año 2043. Así que Urano va a seguir siendo un gran desconocido para todos nosotros.

En 1821 comienzan las sospechas de que podía haber un octavo planeta más allá de Urano. El astrónomo francés Alexis Bouvard, otro incansable cazador de cometas (atrapó hasta ocho nuevos), dedicaba buena parte de su tiempo a la compilación de tablas con las posiciones de Júpiter, Saturno y Urano con el fin

de facilitar su observación. Con los dos primeros no tenía mayor problema, teoría y práctica eran coincidentes. Pero para este meticuloso alumno de Laplace, Urano era un quebradero de cabeza. Su órbita era irregular y cambiaba levemente con los años. Bouvard supuso que algo estaba perturbando la perfección de Newton, aunque no tuvo tiempo de comprobarlo. Con estos resultados sospechosos, comenzaron a trabajar —independientemente, parece—

en Francia su compatriota Urbain Le Verrier, y en Inglaterra otro astrónomo y matemático, John Couch Adams. La historia de la batalla científica, que no tardó en convertirse en política, es muy conocida. Le Verrier anuncia la posición teórica del molesto planeta vecino de Urano en la Academia Francesa de Ciencias el 31 de agosto de 1846, solo dos días antes de que Adams envíe su solución del problema al Royal Greenwich Observatory. El 18 de septiembre Le Verrier escribe al alemán Johann Galle (un prestigioso astrónomo del Observatorio de Berlín) para que busque el misterioso planeta en las coordenadas calculadas. Y Galle encuentra Neptuno solo cinco días después, a solo 1º de desviación de la posición predicha por Urbain Le Verrier.

¿Quién descubrió realmente Neptuno? La respuesta dependerá, como tantas otras cosas en esta vida, de tu bandera. Si somos fieles a la historia, puede incluso que el italiano Galileo —como ocurriera con Urano— hubiera anotado su posición ya en 1612. Un estudio de 2009 ha revelado que Galileo pensó que era una estrella con cierto movimiento relativo, pero sus observaciones debieron coincidir con una de sus fases retrógradas, y Neptuno casi no debió de moverse mientras ensayaba esta acrobacia delante del italiano. Además, era una estrella muy débil: su magnitud aparente estaba entre $+7{,}5$ y $+8$, muy inferior por su lejanía a la de Urano.

Si eres británico —o perteneces a la Commonwealth o juegas al cricket y te tiras de los balcones si se tercia—, argumentarás que Adams ya había pedido unas semanas antes al director del Observatorio de Cambridge (un tal James Challis) que buscara el planeta, pero este no fue muy diligente porque tenía un gran número de observaciones cometarias que realizar y no se terminó de creer las ensoñaciones de Adams. Si eres francés, tu héroe es, sin duda, Urbain Le Verrier.

Y si eres alemán, no dudarás en atribuir la paternidad de Neptuno a Johann Galle. Aunque Galle tenía un estudiante muy aplicado que quizá fuera quien realizara la observación directa. Por si acaso, apunto su nombre: Heinrich Louis d'Arrest. Este afortunado becario hizo carrera y tiene un cráter lunar, otro marciano y su asteroide correspondiente, aunque no sabemos si llegó a tener un contrato. Para ser estrictos, los cálculos del francés Le Verrier eran mucho más

precisos que los de Adams (un grado de desviación frente a los doce que tenía la posición del inglés), así que la pareja francoalemana Le Verrier-Galle son los más que aceptados codescubridores.

Neptuno se convirtió, por tanto, en el octavo y último planeta —de momento—

del sistema solar. Es el cuarto en tamaño, pero es algo más masivo que Urano (unas diecisiete veces la masa terrestre). Su órbita lo hace girar una vez alrededor del Sol cada 164 años. Se le puso el nombre romano del dios de los mares, porque el árbol genealógico ya no daba más de sí y Neptuno era hermano de Júpiter. Tiene catorce satélites conocidos, pero casi toda su masa concentrada en el enorme Tritón, que fue descubierto solo diecisiete días después que Neptuno por un tal William Lassell, un hombre de negocios británico que dedicó la fortuna obtenida fabricando cerveza a buscar planetas y no a jugar a los dardos.

Como ocurre con su hermano, solo lo hemos visitado una vez y fue en otra parada del mismo viaje de la sonda Voyager-2, que se aproximó al planeta del tridente el 25 de agosto de 1989. Dado que era la última estación, aprovecharon para obtener imágenes cercanas de Tritón, que fue el gran beneficiado. También llevaron a cabo escrupulosas medidas de su masa y características, que terminaron por descartar una teoría pareja acerca de variaciones en su órbita y, por tanto, de un posible planeta-X más allá de su órbita. Neptuno espera sentado junto a su hermano Urano a que alguna misión espacial decida visitarlo en los próximos años.

Volvamos al inexistente, o al menos sumamente esquivo, planeta-X. La idea de que podía haber un noveno planeta desconocido resurgió en el siglo XX. Y lo hizo de la mano de Percival Lowell, un excéntrico millonario apasionado por la astronomía que había financiado la construcción de su propio observatorio con la esperanza de encontrar respuesta a sus dos mayores obsesiones: hallar vida en Marte —con vana fortuna, a pesar de su desbordante imaginación— y localizar un nuevo y lejano planeta que, a juzgar por las variaciones que parecía inducir en la órbita de Neptuno, tenía que ser muy muy grande. A mediados de febrero de 1930, el astrónomo estadounidense Clyde William Tombaugh se dedicaba en cuerpo y alma al segundo objetivo y examinaba de forma minuciosa decenas de placas fotográficas en el Observatorio Lowell, en Arizona. Y lo consiguió. Al menos, eso creyeron tanto él como la comunidad internacional, aunque el hallazgo supuso cierta decepción. El planeta era muy muy pequeño, con una

órbita tan excéntrica que llegaba a cruzarse con la del gigante helado Neptuno. Y

una inclinación inusual de 16° con respecto al plano de la eclíptica.

Pero al neonato había que ponerle un nombre, y a una niñita de

Oxford (que se llamaba Venetia Burney) se le ocurrió que Pluto le cuadraba bien. Un dios del inframundo de tres al cuarto, pero que podía hacerse invisible y, además, las iniciales PL rendían homenaje al soñador Percival Lowell. Y también lo catalogaban como planeta. Tombaugh siguió escudriñando el cielo de forma incansable hasta su muerte —ya con 90 años—, y no solo descubrió Plutón, sino que también echó el lazo a quince nuevos asteroides. Y a un buen número de ovnis, inclasificables en categoría alguna, pero que le dieron una confusa fama entre propios y extraños.

En 1992 la NASA comenzó a proyectar la visita de una sonda a Plutón, el planeta americano, despreciando a Urano y Neptuno. Y sus agentes, siempre correctos, le pidieron el pertinente permiso a Tombaugh, a lo que este accedió, no sin antes advertir —y no se equivocó en esto ni un ápice— del frío y largo viaje que significaría tal aventura. Lo que Tombaugh no sabía es que él iba a figurar en la lista de pasajeros.

El 19 de enero de 2006 la sonda New Horizons partió desde Florida rumbo al planeta Plutón en una primera escala, y al más lejano aún cinturón de Kuiper en la continuación del viaje. En la parte inferior del ingenio, iba sujeto un pequeño relicario espacial que contiene una onza de sus cenizas —donado por su esposa Patricia, que le sobrevivió hasta los cien años— y otros objetos imprescindibles para la conquista del Lejano Oeste, tales como un par de dólares, unos sellos y una bandera estadounidense con los que, si el bueno de Tombaugh resucitara cual ave fénix, tendría con qué empezar allá.

Bromas aparte, el paseo no fue fácil ni agradable para él. Y no solo por los casi diez años de viaje a velocidad de vértigo hasta Plutón (la New Horizons navega todavía a unos 50.000 kilómetros/hora, rumbo ahora a un segundo objetivo en los confines de nuestro sistema solar, tras pasar junto al objeto kuiperiano Arrokoth-Ultima-Thule en 2019), sino sobre todo porque unos pocos meses después de la partida —en agosto de ese mismo año 2006, y apenas atravesada la órbita de Marte—, en una histórica votación digna del más encarnizado debate de Naciones Unidas, la Unión Astronómica Internacional (UAI) degradaba en Praga a Plutón a la categoría de los planetas enanos. Con la enérgica oposición de muchos científicos, y no solo estadounidenses.

Junto con Plutón, aparecen ahora en esta nueva categoría los casi desconocidos Ceres, Haumea, Makemake y Eris. Otros como Orcus, Quaoar o Sedna, por ejemplo, esperan turno. La New Horizons había partido al encuentro de un planeta jugando en primera, pero se iba a encontrar con uno de segunda división.

Aun así, la misión ha sido un éxito rotundo: en 2015 envió a la Tierra fotografías de su llegada a Plutón con un detalle y resoluciones increíbles. Clyde Tombaugh, ochenta y cinco años después de verlo por primera vez, volvió a contemplar desde su pequeño nicho dentro de la New Horizons a su querido Pluto, el pequeño planeta invisible que comparte nombre con el can de Mickey Mouse.

La controversia sobre qué se bautizó primero, si al planeta o al perro animado, todavía perdura. Tal vez la UAI debería pronunciarse al respecto, y desagraviar parcialmente la afrenta que recibió Tombaugh durante el largo viaje a Plutón.

Aunque solo sea por premiar el impagable espectáculo estelar que nos ofreció y sigue ofreciendo la veloz New Horizons.

Hemos llegado hasta aquí sin habernos detenido en una cuestión fundamental, y que solo la controversia sobre Plutón nos ha recordado. ¿Qué es un planeta?

¿Qué ha cambiado desde la definición original de «estrella errante» de los antiguos hasta nuestros días? Pues bien, según la última revisión de la UAI en relación con este espinoso asunto, un planeta es un cuerpo celeste que ha de cumplir cuatro condiciones: (a) tiene que orbitar alrededor de una estrella o remanente de ella; (b) ha de tener la suficiente masa como para que su gravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido, asumiendo una forma en equilibrio hidrostático prácticamente esférica; (c) ha de tener dominancia orbital, es decir, ausencia de planetesimales a su alrededor, y (d) no puede emitir luz propia.

La primera y la última de estas condiciones son bastante claras, pero las otras dos tienen matices grises para muchos astrónomos, especialmente la tercera. Si no se cumple esta cláusula, el cuerpo celeste en cuestión se degrada a planeta enano, que es lo ocurrido con Plutón y sus satélites: Nix, Hidra y, especialmente, Caronte. Este último es tan grande y próximo que se puede considerar a Plutón casi como un sistema binario. Sin embargo, aunque los opositores a la degradación de Plutón como planeta hayan perdido esta batalla, no dan por perdida la guerra.

Tal vez cuando este libro aparezca hayan conseguido devolver su antiguo estatus al pequeño rebelde (lo que sería un trastorno para mí, pues tendría que hacer una

revisión del texto, con el tiempo que esto requiere). En cualquier caso,

iniciativas más o menos ocurrentes al respecto no dejan de surgir, como la planteada por la Cámara de Representantes de Nuevo México —Tombaugh vivió gran parte de su vida allá—, que aprobó una resolución en la que declaraba que Plutón se considerará siempre un planeta, dado que es visible desde ese estado sureño. Pues eso.

¿Nos hemos olvidado ya del planeta-X? Parece que no. A pesar de los contundentes resultados de la Voyager-2 a su paso por Neptuno, y de que ninguna de las cinco sondas que han ido más allá de la órbita de este hayan sufrido la más mínima modificación gravitatoria en sus trayectorias (Pioneer-10, Pioneer-11, Voyager-1, Voyager-2 y la misma New Horizons), algunos astrónomos especulan con la existencia de un planeta grande, oscuro y lejano mucho más allá de Neptuno. La teoría acerca del planeta 9 —con Plutón definitivamente apartado del título — ha cobrado algo de fuerza en los últimos años por las variaciones encontradas en las órbitas de algunos TNO (objetos transneptunianos), como el también planeta enano Sedna.

El hipotético planeta habría de tener la masa aproximada de Neptuno, encontrarse a una distancia de 700-1500 veces la separación Tierra-Sol, un período entre 10.000 y 20.000 años terrestres, ser altamente excéntrico —como sus valedores— y tener una gran inclinación en su órbita, de unos 20º a 40º

respecto a la eclíptica, aunque estos datos varían muchísimo dependiendo del astrónomo que formule la teoría. O las teorías, porque son unas cuantas, y los astrofísicos, a pesar de trabajar habitualmente de noche, se reproducen con facilidad de día. Como el período sería tan grande, el planeta fantasma prácticamente es indetectable. O no, porque lo están buscando con ahínco, a pesar de que su magnitud aparente sería muy débil, entre $+19$ y $+24$.

Sin embargo, conforme aparecen candidatos a planetas, los resultados obtenidos con el telescopio espacial WISE —Wide-field Infrared Survey Explorer— los echa por tierra. WISE ha descubierto miles de planetas menores con su espejo de 40 centímetros y su instrumentación infrarroja. Aunque terminó oficialmente su misión en 2011, volvió a reiniciarse en 2013 con el fin de buscar y catalogar miles de objetos NEO —Near Earth Objects—, como asteroides y cometas. De ahí NEO-WISE, el nombre de nuestro amigo cometa que pasa ahora por mi ventana —o debería pasar, porque está nublado— y que nos recuerda estas noches de verano confinado la magnitud e infinitud del cosmos. Y nuestra

humilde condición humana, a merced de un insignificante virus. Por cierto, que una nueva teoría al respecto se acaba de publicar según escribo estas páginas: no sería un planeta, sino un pequeño agujero negro primordial, lógicamente muy masivo, el causante de las variaciones gravitatorias de los objetos TNO. Parece imposible, pero cosas más raras se han visto.

VIII

Selene

La Luna ha sido siempre nuestra primera referencia astronómica. Es nuestro único satélite y condiciona nuestro día a día sobre la Tierra. Mareas y eclipses, y hay quien dice que alumbramientos (por más que me empeñe en los números, mis amigos sanitarios insisten en que las matronas no dan abasto las noches de luna llena), solo son posibles bajo el influjo de Selene, la hija de los titanes Hiperión y Theia.

Con el desarrollo del telescopio, los astrónomos profundizaron en sus misterios.

De ella tan solo teníamos una idea de la distancia que nos separa, calculada con bastante acierto por el gran Hiparco gracias a los métodos de Eratóstenes. Hoy sabemos que se encuentra exactamente a una distancia media de 384.400

kilómetros, y que tiene un diámetro de 3476 kilómetros. En proporción relativa a un planeta, es el satélite de mayor tamaño de nuestro bloque de vecinos. De nuestra manzana gravitatoria.

También la Luna se aleja de nosotros —¿qué te hemos hecho, cielo?—, a casi 4

centímetros por año. Y, como casi todos los satélites decentes, está sometida al llamado «gradiente gravitatorio», efecto que hace que los planetas frenen sus respectivos satélites. Por ello, los períodos de rotación sobre sí misma y de traslación alrededor de la Tierra son iguales. Y, también por ello, siempre vemos su misma cara. En realidad, para ser precisos, vemos algo más del 50 por ciento de la Luna. Exactamente podemos ver el 59 por ciento de su superficie, y esto es debido a unos movimientos propios llamados «libraciones», que tienen que ver con que su rotación es uniforme, pero su traslación no. La cara oculta solo se hizo visible en 1959 gracias a la sonda rusa Luna-3, que se dio una vuelta por allí, literalmente, y le hizo veintinueve fotos. Luego vino el disco de Pink Floyd.7

Tras la llegada del tubo mágico, el primer dibujo lunar lo realizó el inglés

Thomas Harriot —y se perdió con él—. Pero los primeros bocetos con algo de fundamento de la accidentada superficie lunar son los de Galileo en 1609. A las manchas oscuras, por mor de Galileo junto con Kepler (la Luna es realmente oscura y, a pesar de las poéticas lunas

azules o rojas, su aspecto es ceniciento tirando a negro), se las denominó «mares», por semejanza con la Tierra, aunque están completamente secos. Las zonas claras son las tierras altas o, simplemente y por contraste, «tierras». Son las que tienen un mayor número de cráteres.

Seguro que ya sabes que no son de origen volcánico, sino que son cráteres de impacto. Sin embargo, las grandes cuencas de los mares lunares sí parece que están formados por lava (en concreto de rocas basálticas, como se confirmó con las muestras traídas de las misiones lunares), lo que ya de por sí es bastante raro.

Dado que el número de accidentes geográficos sobre la superficie es muy grande y variado, casi desde el principio los astrónomos que tenían un telescopio se pusieron a la tarea de hacer mapas de la Luna. Esta tarea se dio en llamar

«selenografía» y, tras sus inicios con Galileo y Kepler, ha llegado hasta hoy con las misiones lunares espaciales, que han cartografiado los accidentes más pequeños y, lógicamente, la cara oculta. Cara esta que es bastante diferente de la visible, lo que provocó el consiguiente estupor entre los selenógrafos.

El primer mapa lunar conocido es el de Michael van Langren, publicado en 1645. La intención de este reputado cartógrafo holandés no era la Luna en sí, sino proporcionar un método para calcular la complicada longitud geográfica basado en la observación de las cumbres y cráteres lunares.

Casi al mismo tiempo que Van Langren, el polaco Johannes Hevelius dejó la bebida —era cervecero, lo que es un oficio bastante común entre los astrónomos

— y dibujó el mejor mapa lunar hasta entonces, que ya incluía unos 300

accidentes, nombrando estos con topónimos que ya existían en la Tierra. En 1647 publicó la primera Selenographia. Pero el gran astrónomo lunar fue el jesuita Giovanni Battista Riccioli. Su enorme trabajo quedó plasmado en la obra enciclopédica Almagestum novum, de 1651, que contenía, entre otros cientos de cosas, sus observaciones lunares. Riccioli aumentó considerablemente el detalle de la superficie lunar y cambió la nomenclatura de parte de sus accidentes. Y es que se le ocurrió identificarlos con los nombres de astrónomos, científicos y personalidades prominentes.

A la tarea de dibujar y nombrar las cosas lunares se le unió el también jesuita y alumno suyo Francesco María Grimaldi. Así, por ejemplo, el famoso Mar de la

Tranquilidad (en el que alunizó el Apolo-11 en 1969) conserva este nombre desde entonces. A diferencia de los cráteres, nombrados con personalidades, los mares tienen por lo general nombres románticos, y las montañas, réplicas de las terrestres (como Apeninos o Alpes). El carácter abierto de ambos sacerdotes se demuestra en que, a pesar de no poder abrazar el heliocentrismo por mandato eclesiástico, no se cortaron a la hora de bautizar a uno de los más vistosos cráteres lunares como Copernicus. También Galileo recibió un cráter, aunque pequeñito. Y Kepler, aunque el más espectacular estaba reservado para Tycho Brahe, por cuyo modelo mixto los jesuitas sentían auténtica devoción.

Otra curiosidad es que Riccioli escribió en su obra explícitamente que la Luna estaba deshabitada. Ahora puede parecer obvio, pero esta idea era contraria a las de Nicolás de Cusa y Johannes Kepler, que especuló abiertamente con esta idea, e incluso la noveló fantasiosamente en su obra póstuma Somnium. También, años más tarde, Herschel tuvo sueños húmedos con selenitas.

Por descontado, existen los cráteres Grimaldi y Riccioli en la Luna. La idea de estos al respecto fue tan buena que no solo sigue plenamente vigente, sino que se normalizó por parte de la UAI a partir de 1935; conservaron los nombres que asignaron y añadieron con los años los de muchos otros. Ahora te explicarás mi extraña obsesión por glosar las proezas de los astrónomos premiados con nombres de cráteres y montañas lunares.

A finales de 2017 la UAI había aprobado ya hasta un total de 1608 nombres propios para designar los cráteres lunares con nombres de científicos, sabios y exploradores (curiosa excepción esta última, como el Amundsen o el Marco Polo) ya fallecidos. Y también algunos en honor a cosmonautas rusos (en la cara oculta, principalmente) y astronautas estadounidenses, aunque en este caso no necesariamente fallecidos, como el Tereshkova, Leonov,8 Aldrin y Collins. Y

hay algunos tan próximos como el aragonés Cajal y el H. G. Wells.

Lo llamativo es que esta forma de denominar cráteres se exportó a otros mundos, por ejemplo, a Mercurio, que tiene una superficie semejante. Allí, según ordena la UAI, todos los cráteres nuevos deben tener el nombre de un artista famoso durante más de cincuenta años y

fallecido hace más de tres. Tenemos, según la última cifra, 397 cráteres mercurianos. Algunos son lógicos, como el Cervantes, el Goya, el Gaudí y el Dalí. Pero otros son más chocantes, como el Disney, el Lennon y el Monk, en memoria del músico de jazz. En Marte, sus muchos cráteres se denominan igualmente con nombres de científicos, pero también

recuerdan a escritores de ciencia ficción, como el Asimov o el Burroughs. Lo curioso es que si tienen menos de 60 kilómetros de diámetro se admiten nombres marcianos de pequeños pueblos terrícolas, así que te puedes quedar con la boca abierta si oyes hablar de las coordenadas del cráter Calahorra, el Escorial, el Galdakao, el Morella o el Madrid, que sigue siendo una villa, aunque gorda.

Otros cuerpos no planetarios con numerosos cráteres siguen normas similares.

Así, los cráteres de Ganímedes, la luna de Júpiter, se bautizan con nombres de la mitología egipcia y mesopotámica; los de Calisto, con nombres de poblaciones escandinavas, y de forma parecida muchos otros.

La cartografía lunar siguió su curso. El gran Giovanni Cassini, alumno de Riccioli y Grimaldi, confeccionó un nuevo mapa lunar años después. De Cassini hablaré con más calma, porque se metió en todos los fregados astronómicos de la época, y el asunto lunar fue el menor de ellos. En 1791 el alemán Johann Schröter publicó otro detalladísimo mapa de la superficie, llevado a cabo gracias a los telescopios que le compró a William Herschel. Schröter contrató como ayudante a Friedrich Bessel, el ya mencionado inventor del método del paralaje estelar para estimar las distancias de las estrellas próximas.

Las investigaciones lunares ya no se ceñían a su superficie, sino que estudiaban otros aspectos, como la intrigante posibilidad de vida selenita. Pero, poco a poco, esta posibilidad se desvaneció. Así, en 1753 Roger Boscovich —otro jesuita y un polímata de altura, lo que casi era costumbre entre los sacerdotes de la Compañía de Jesús— descubrió que la Luna no tiene atmósfera, así que los selenitas lo iban a tener complicado para respirar.

En 1824 se postuló la teoría de formación de los cráteres como resultado de impactos de meteoritos. En este caso fue Franz Gruithuisen, astrónomo alemán que, mira tú, sí creía en la vida lunar. Incluso anunció que había descubierto una ciudad, a la que llamó

Wallwerk. La confusión pudo tener que ver, como tantas otras veces, con una ilusión óptica producida por un mal uso de su telescopio. La región que estaba observando está formada por agudas crestas, cuyas sombras pueden dar la impresión de calles y edificios. Muy pronto fue corregido por observaciones más precisas. En 1837 apareció el Mappa Selenographica, un formidable mapa de la Luna de casi un metro de altura. Sus autores fueron Wilhelm Beer y Johann von Mädler.

Y al poco tiempo, una nueva técnica revolucionó al ya de por sí revolucionario telescopio: la fotografía. Uno de sus pioneros fue el británico Warren de la Rue,

quien comenzó a plasmar instantáneas de nuestro satélite a partir de 1852 tras observar los daguerrotipos de otro astrónomo, el estadounidense George Bond.

De la Rue ya conseguía claras exposiciones de 10 a 30 segundos. No eran tan instantáneas, pero fueron las mejores imágenes lunares hasta las que realizó Lewis Rutherfurd, un prestigioso abogado estadounidense al que la astrofotografía fascinó tanto como para abandonar su prometedora carrera política. Por aquellos años ya nadie admitía la posibilidad de que la Luna tuviera vegetación, ni mucho menos vida parecida a la humana. No había agua, no tenía atmósfera, solo enormes llanuras y crestas pétreas salpicadas de miles de cráteres. La Luna era un mundo muerto.

Selene siempre ha estado envuelta en un halo de misterio, y eso que la tenemos casi al alcance de la mano. Es el único cuerpo celeste que, además de nuestra Tierra, hemos visitado en persona. Aunque ya hace más de cincuenta años de eso, puede que pronto nos planteemos seriamente volver, tal vez de nuevo Estados Unidos en solitario, posiblemente China, quizá Rusia o incluso Europa.

Ya hay proyectos en marcha. Si todos se pusieran de acuerdo, sería más fácil, pero la política hace estragos en cualquier cuestión de interés. Por poner un ejemplo conocido, la costosísima Estación Espacial Internacional, desde su concepción, diseño y fabricación, contó con el veto estadounidense a China, así que esta tuvo que montarse su propio mecano orbital, con la desinteresada ayuda tecnológica rusa. Y así, tantas cosas. La llegada de Internet, lejos de mejorar las cosas, las empeora, y una nueva guerra fría entre los estadounidenses y los asiáticos ha venido para quedarse. Y todo porque si Huawei es más barato que Apple, o porque me has robado el 5G.

Una de las cuestiones más intrigantes y misteriosas desde siempre ha sido el origen de la Luna. Si hacemos caso a la teoría de Laplace, lo más fácil sería suponer que se formó en cualquier parte cerca de nuestra órbita y terminó siendo atrapada por la Tierra, o que ambos cuerpos se formaron en el mismo tiempo y lugar a partir de un único disco de materia agregada por la interacción gravitatoria. También se ha planteado si la Luna pudiera haberse formado de la expulsión, por la fuerza centrífuga, de material de una Tierra todavía sin cuajar.

Ninguna de ellas es tan convincente como el llamado Big Splash.

Este término de reciente creación alude a la hipótesis de un impacto de un planeta —del tamaño aproximado de Marte— contra la Tierra en formación, con

el catastrófico resultado conocido, hace unos 4500 millones de años. Ya en 1898

el astrónomo George Darwin (uno de los hijos del mismísimo Charles) propuso que la Tierra y la Luna fueron tiempo atrás un solo cuerpo, y que se separaron en su fase líquida por la fuerza centrífuga.

Pero fue un geólogo canadiense, Reginald Daly, quien en 1946 sugirió que la Luna podía ser el producto de un gran impacto y no del capricho de las fuerzas centrífugas. Esta teoría, como cualquier otro armagedón, no tuvo mucho éxito, porque chocan siempre —valga el símil tonto— con Ockham y su afilada navaja. Y en 1975 (con el hombre habiendo ya paseado por la Luna), los estadounidenses William Hartmann y Donald Davis propusieron el actual modelo; aunque tiene claroscuros, es el de mayor aceptación. Tanto es así que hasta se le ha puesto nombre al pequeño planeta culpable del desaguisado: Theia. El nombre sigue la tradición mitológica: Theia era una titánide madre de Selene. Las principales razones que avalan esta teoría son geológicas, tienen que ver con los materiales que forman la Luna, así que traernos desde allá cientos de kilos de piedras con las misiones Apollo sirvió para algo más que para arrojárselas a la cabeza a los escépticos conspiranoicos. Esta teoría explica cuatro cuestiones fundamentales: que la Luna estuvo fundida, sus océanos de magma, la composición de su corteza y su pequeño núcleo de hierro, y la inclinación del eje de rotación terrestre, producto del descomunal impacto.

Para obtener más información acerca de la Luna había que acercarse un poco y, en último término, posarse allí. Pero la Guerra Fría estaba en ebullición —

menudo oxímoron—, y lo que podía haber sido una fructífera colaboración entre las dos grandes superpotencias se convirtió en una «carrera lunar». Aunque, si lo pensamos en frío, tal vez fuera mejor así. Los Estados Unidos y la Unión Soviética se habían lanzado a un frenesí nuclear inquietante y calmaron sus ánimos con esta carrera científica de prestigio que, con la perspectiva que dan los años, fue un bálsamo tranquilizador para el resto del mundo. El desarrollo de los misiles trajo consigo el desarrollo de los cohetes que habrían de ir a la Luna, algo parecido a lo ocurrido con la ley de gravitación de Newton: lo que servía para aquí abajo, servía igualmente allá arriba.

La Unión Soviética tomó la delantera. Su Programa Luna (mal llamado Lunik por algunos) desarrolló veinticuatro sondas automáticas para la exploración lunar desde 1959 hasta 1976. El padre del programa fue el gran Serguéi Koroliov. La primera sonda, en enero de 1959, pasó a 6000 kilómetros de la

Luna, pero ya envió datos desde el espacio. La tercera fotografió la cara oculta antes de finalizar ese año. Y tras varios intentos de sus predecesoras, la Luna-9

consiguió alunizar el 3 de febrero de 1966. Fue el primer chisme humano en pisar suavemente otro mundo.

Estados Unidos iba levemente a la zaga. A comienzos de los sesenta, la NASA había desarrollado con el JPL —Jet Propulsion Laboratory— una serie de sondas llamadas Ranger para fotografiar la Luna. Pero la mayoría de ellas fallaron o se estrellaron contra el satélite. Solo las tres últimas de las nueve lanzadas lograron su objetivo de enviar fotos de la cara visible de la Luna antes de desintegrarse.

A este programa siguió el exitoso Lunar Orbiter, formado por cinco sondas que entre agosto de 1966 y el mismo mes de 1967 consiguieron suficiente información como para elaborar en 1971 un gran atlas fotográfico de 675

enormes láminas que abarcaban el 99,5 por ciento de la superficie lunar. Los datos de las Orbiter ya habían permitido a la NASA identificar hasta 36 zonas de interés para las futuras misiones Apollo, y cinco de ellas eran propicias para alunizar.

Los soviéticos, mientras, parecían estancarse. Con el programa Apollo a toda máquina, quemando millones de dólares, la NASA desarrolló el tercer y último programa de sondas lunares, esta vez con la capacidad de alunizar —o alucinar, como se empeña en corregirme el teclado

predictivo—. Fue el Surveyor, con sus siete misiones. Ya en la primera, consiguieron posarse suavemente sobre el suelo lunar, comprobando que este aguantaba sin problemas el peso de una nave de tamaño grande. Aunque los soviéticos se habían adelantado solo por unos meses con la Luna-3, el programa Surveyor fue más fructífero. Cinco de las siete sondas aterrizaron plácidamente.

Con el terreno ya conocido, había llegado el gran momento de mandar hombres hacia la Luna. Los primeros en verla de cerca fueron Frank Borman, James Lovell y William Anders, quienes el 24 de diciembre de 1968 orbitaron el satélite en la misión Apollo-8, pudiendo ver con sus propios ojos la cara oculta de la Luna.

Si no formas parte de esa extraña minoría básicamente formada por futbolistas y conspiranoicos que piensan que Stanley Kubrick se pasó años haciendo películas encerrado en una nave industrial de Hollywood, sabrás que el 20 de julio de 1969 Neil Armstrong y Buzz Aldrin pisaron el suelo lunar por primera vez en la

historia, mientras Michael Collins los esperaba dando unas vueltas. Fue, por descontado, la misión Apollo-11.

Desde 1969 hasta 1972 hubo siete misiones Apollo más, y todas llegaron a alunizar salvo la famosísima y cinematográfica Apollo 13 de Tom Hanks. Dado que cada una llevaba tres tripulantes, y uno tenía que esperar en órbita, solo doce seres humanos han pisado la Luna. Compartían varias características: todos eran estadounidenses, hombres, blancos, caucásicos y militares, salvo Harrison Schmitt, un geólogo que se enroló en la última misión, la Apollo-17, y fue el penúltimo en abandonar la Luna.

Después de dejar la NASA, llegó a ser senador por Nuevo México hasta 1982.

No sé si tuvo que ver en la famosa resolución de apoyo a Plutón, pero calculo que no, por la edad. Ocupa diversos puestos de responsabilidad como consejero en temas espaciales, en los que no se ha cansado de defender la vuelta a la Luna como prioridad, en detrimento de la obsesión actual por Marte. Estrictamente hablando, también Neil Armstrong era civil en el momento de entrar a formar parte del programa espacial, aunque había pertenecido a la todopoderosa Navy.

Dado que en 2019 se conmemoró el 50 aniversario de la conquista lunar, la cantidad de información en libros, vídeos e Internet al

respecto es, simplemente, abrumadora. Como no es ni mucho menos el propósito de este libro, te recomiendo el mejor sitio que conozco al respecto por si estás interesado en saber más cosas sobre esta apasionante aventura espacial.9

Mientras tanto, la vida continuaba. El programa lunar ruso, que había comenzado tan exitosamente, se suspendió abruptamente con la sonda Luna-24, que en agosto de 1976 trajo las últimas muestras de suelo lunar. Apenas 170

gramos; comparados con las paladas traídas en mano por los estadounidenses, no eran gran cosa. Tras el paso físico de estos últimos por la Luna, parecía que no quedaba mucho por hacer. Pero los científicos tienen mucha imaginación, y los soviéticos salvaron la honrilla colocando un par de vehículos robóticos sobre la Luna, que también permitían probar tecnología de cara a Marte, el próximo destino. El Lunojod-1 recorrió solo 10,5 kilómetros, pero su hermano el Lunojod-2 cubrió casi 40 en 1973. Solo ha sido superado por el Opportunity, pero este completó su largo maratón sobre Marte.

Hasta 1990 no hubo otra sonda lunar que no fuera soviética o estadounidense. La primera de otro país fue la japonesa Hiten, lanzada ese año. Japón repitió en

2007 con la Kaguya; tras orbitar la Luna durante casi dos años realizando diferentes mediciones, la estrellaron de forma controlada. Europa ha contribuido con la SMART, una misión de poco coste y mucho ingenio, pues la sonda tenía un motor iónico para aprovechar el Sol como propulsión. Al igual que muchas otras sondas lunares, al término de su misión fue estrellada (en 2006) obteniéndose información adicional de los productos del impacto. India se ha unido a la aventura lunar con dos sondas consecutivas, las Chandrayaan. Una parte de la segunda pretendía posarse sobre la superficie, junto con un pequeño vehículo o rover. Pero, desgraciadamente, en 2019 se estrelló —de forma descontrolada, claro.

También un proyecto privado israelí ha corrido la misma suerte, el Beresheet, con la inestimable colaboración de la hoy todopoderosa Space-X. Lo llamativo de este caso, aparte de la encomiable iniciativa privada, es que la sonda, además de llevar cosas tan útiles en la Luna como la Torá o las memorias de un superviviente del Holocausto, y tan peculiares como una copia de la Wikipedia o algunos de los trucos de magia de David Copperfield, escondía una legión de pequeños tardígrados, unos simpáticos bichitos la mar de resistentes y casi inmortales, puesto que pueden sobrevivir a temperaturas tan frías

como -200 ˚C

o tan ardientes como +150 ˚C, pasar hasta diez años sin probar el agua e incluso son resistentes a la radiación ionizante, que es la que no emiten las antenas de los móviles, pero sí los rayos UV. Según algunos expertos, si encuentran algo que echarse a las boquitas, puede que cuando volvamos a la Luna la hayan colonizado completamente. Como los conejos en Australia.

Por descontado, el gran explorador actual de la Luna es China. Atrás quedó su ancestral miedo a los eclipses. Desde 2007 China ha lanzado de momento cinco sondas lunares, las Chang'e (que es el nombre de la deidad lunar en su mitología). Con la tercera puso, de nuevo, un rover automático sobre la superficie, el Yutu («conejo de jade») que se movió poco, pero trabajó mucho.

La Chang'e-4 ha alunizado en la cara oculta en 2019 con el Yutu-2, que en estos momentos debe de andar persiguiendo tardígrados. Y la Chang'e-5 ha recogido y enviado por AliExpress muestras lunares casi sin despeinarse.

Por su parte, Estados Unidos ha seguido enviando alguna sonda más durante estos últimos años, destacando la Lunar Reconnaissance Orbiter, mientras que Rusia ha permanecido en un discreto segundo plano.

El interés por la exploración lunar ha renacido en estos últimos años,

seguramente espoleado por la abrumadora eficacia china. Los estadounidenses han cambiado de rival. Los planes de China parecen claros: ser el segundo país en llegar a la Luna tras cincuenta años de inexplicable ausencia, pero no dan muchas pistas sobre ellos. Y Estados Unidos ha comenzado a airear una serie de proyectos con unos plazos que se antojan imposibles, por mucho que la NASA esté a rebufo del tirón mediático de Space-X y su gurú Elon Musk. Donald Trump expresó el deseo de que una mujer —estadounidense— pise la región lunar sur en 2024, para ya mismo. Para eso confeccionaron en 2018 el Programa Artemisa, que, junto con una nueva estación orbital (la Lunar Gateway, que girará en torno a la Luna), planea el alunizaje de una cápsula en desarrollo bautizada como Orión. El Programa Artemisa prevé alunizajes hasta 2028. Por su parte, Space-X ha elucubrado con la posibilidad de llevar a un millonario japonés (Yūsaku Maezawa), con media docena de amiguetes, en un viaje de circunvalación (como el del Apollo-8) utilizando alguno de los lanzadores que está desarrollando a toda velocidad.

Ninguna de estas propuestas parece suficientemente sólida, sobre todo debido a la exigua cantidad de dinero que Donald Trump le ha dedicado, en comparación con la brutal inversión que realizó en la década de los sesenta John F. Kennedy.

En mi humilde opinión, si te sobra el dinero para comprar un billete en los próximos diez o quince años y tienes el capricho de darte un paseo lunar, será mejor que te olvides de las hamburguesas y el kétchup, y te hagas al sabor agridulce del pato laqueado y la salsa de soja.

El asunto del turismo espacial es peliagudo. Arrancó cuando Rusia aceptó la oferta de un millonario estadounidense (Denis Tito) que, por unos veinte millones de dólares, viajó en 2001 a bordo de una Soyuz y permaneció en la Estación Espacial Internacional (EEI) ocho días. La NASA se subió por las paredes —y más, siendo el pagano estadounidense—, pero no pudo oponerse a comprar pasajes a los rusos para subir al gran mecano a sus propios astronautas.

Con Elon Musk, el panorama ha cambiado. Por fin tienen un conjunto de lanzador y cápsula capaz de llegar a la EEI y más allá. Y parece que, dentro de unos meses, si no cambian de idea, van a meter a Tom Cruise en una de ellas para hacer una misión imposible allá arriba. Todo este espectáculo hollywoodiense puede afectar a Selene.

Alguna compañía espacial de nuevo cuño ya está aceptando jugosos anticipos a

cuenta de unos pocos ingenuos soñadores por un tour lunar que incluiría, entre otros objetivos turísticos, la visita a la Base Tranquilidad, el lugar de alunizaje del Apollo-11. Lo curioso es que un par de estados —adivinarás que uno es Nuevo México— han catalogado el sitio como lugar de patrimonio cultural y, por tanto, tienen la capacidad de preservarlo y explotarlo económicamente. A nivel federal, no ha podido ser todavía, porque lo prohíbe expresamente el Tratado del Espacio Exterior, un acuerdo firmado en 1967 por estadounidenses, soviéticos y británicos que se ha extendido a 110 países (como si muchos de ellos fueran a ir al espacio alguna vez, pero la ilusión nadie se la quita).

Este tratado prohíbe las armas nucleares y limita a fines pacíficos el uso de los cuerpos celestes conquistados, que, de momento, se limitan a nuestra Luna, pero no la actividad militar espacial, una absurda paradoja como la que se da en la terrestre Antártida, donde las bases militares son mayores que las científicas.

También impide que nación alguna reclame la soberanía sobre los cuerpos celestes. Ello no ha evitado que un par de listos hayan registrado la Luna como propia y vendido parcelas. Como el chileno Jenaro Gajardo —al que Nixon no pidió permiso para pisar la Luna, como ingenuamente muchos creen—, o el pícaro Denis Hope, que se calcula que, entre bromas y veras, habría conseguido unos nueve millones de dólares con la tontería de los títulos de propiedad. O eso dice la Wikipedia, que he vuelto a consultar para estas sandeces en las que suele estar muy bien documentada.

De cómo se pueden colocar impunemente miles y miles de satélites de telecomunicaciones en órbita destrozando las observaciones astronómicas terrestres es otro punto del que habría que hablar en algún momento: el proyecto Starlink, de Elon Musk, y el proyecto Kuiper —qué desvergüenza ponerle ese nombre—, de Jeff Bezos, entre otros varios, casi todos capitalizados por gigantescas multinacionales. Supuestamente, la Federal Communications Commission (FCC) ha dado su visto bueno. Salvo por el pequeño detalle de que es una entidad exclusivamente de ámbito estadounidense, todo perfecto.

Mientras tanto, la comunidad astronómica internacional no ha expresado sino tibias protestas al respecto, lo que me parece un dislate de proporciones igualmente astronómicas.

Por otro lado, la Luna empieza a ser mirada con ojos ávidos por muchos. Barack Obama firmó en 2015 la Space Act, con la que se otorga el derecho propio a la extracción mineral allá, y fue confirmada por Donald Trump en una de sus famosas «órdenes ejecutivas», animando a todos los demás a seguirlo. Así que,

por ejemplo, en 2017 el todopoderoso ducado europeo de Luxemburgo aprobó una ley en la que se permite a toda empresa registrada en su territorio la explotación de la Luna y sus recursos. Tonto el último.

IX

Helios

Que el Sol es el elemento imprescindible en nuestra vida no se le escapa a nadie.

Casi toda la energía que recibimos proviene de él, de forma directa o indirecta.

Con la salvedad de la energía nuclear, que utiliza como combustible elementos radiactivos más pesados que el hierro —y, por tanto, tienen

su origen en la explosión de supernovas—, prácticamente todo lo que nos mueve tiene que ver con el dios Helios. Obviamente ha propiciado la vida en nuestro planeta, por lo que ha sido responsable de cualquier combustible fósil. Produce el viento y las mareas, y casi todo lo que podamos pensar. Incluso hace funcionar las placas solares, lo que ya es el colmo del abuso.

Así que, desde que el mundo es mundo (unos 4500-4600 millones de años), lo hemos tenido ahí, tostando nuestras espaldas y las de los cangrejos en las playas.

Por eso no falta en ninguna de las antiguas civilizaciones en una posición divina preferente, y tampoco en la moderna astronomía.

El primer aspecto que el telescopio reveló como novedoso fue la aparición de sus intrigantes manchas, puesto que al Sol, como a todos los cuerpos celestes, se le consideraba una esfera incólume y perfecta. Sin embargo, las manchas solares ya habían sido vistas sin telescopio —no sin esfuerzo porque, literalmente, te dejabas la vista en la tarea— por astrónomos chinos de la dinastía Han durante unos cuatro siglos (dos antes y dos después de Cristo), y quedan elaborados registros de ello. Incluso el sabio cordobés musulmán Averroes las observó en el siglo XII, aunque posiblemente confundiéndolas con tránsitos de los planetas Venus y Mercurio por delante del disco solar. Thomas Harriot y Galileo Galilei también apuntaron sus telescopios al Sol y confirmaron estas impensables imperfecciones en su brillante esfera.

Si seguimos un orden casi cronológico, en 1672 llegaron las contribuciones de Giovanni Cassini y Jean Richer, que utilizaron sus cálculos en la distancia

Marte-Tierra para obtener una medida fiable de la que nos separa del Sol (lo que hoy llamamos «unidad astronómica», para medir distancias pequeñas). La distancia media Sol-Tierra es de 149.597.870,691 kilómetros, o redondeando 150 millones de kilómetros, que es más fácil de recordar. Para ello, Cassini envió a Richer a la Guayana, en una especie de Erasmus para hacer las mismas mediciones que él llevó a cabo desde París. Con los resultados del paralaje planetario, Cassini calculó las dimensiones aproximadas del sistema solar conocido, hasta Júpiter y Saturno, planetas a los que dedicó buena parte de su vida.

Es extraño que Cassini fuera un incrédulo en buena parte de sus estudios.

Comenzó adoptando el modelo geocéntrico (había estudiado

astronomía con los lunáticos jesuitas Riccioli y Grimaldi), luego se pasó al sistema ticónico y más tarde al copernicano. Finalmente aceptó las órbitas de Kepler, pero no la gravitación de Newton, a la que se opuso porque creía que la Tierra debería alongarse por sus polos, y no achatarse como postulaba el británico. Hasta las misiones geodésicas francesas del siglo XVIII no se dilucidó este complicado asunto, y Cassini tenía un prestigio de polímata a la altura de cualquiera en su tiempo como para llevarle la contraria fácilmente.

Empezó destacando en la antigua universidad de Bolonia como profesor de Astronomía en 1650. Aprovechando las enormes dimensiones de la basílica de San Petronio (más de 130 metros de longitud y casi 50 de altura), Cassini planteó instalar allí uno de los instrumentos astronómicos solares más peculiares: la meridiana. Es una especie de reloj solar, pero solo da, en realidad, una hora: la del mediodía. En origen, su utilidad tenía que ver con una función religiosa, de ahí que se construyera dentro de las iglesias. Tradicionalmente se rezaba el ángelus tres veces al día: al amanecer, al mediodía y al anochecer. La primera y la última hora estaban claras, bastaba con ver salir y ponerse el Sol, pero la del mediodía (en la que el Sol está más alto) no era tan sencilla. La meridiana marca este momento puesto que divide por la mitad la proyección del Sol que penetra por un agujero en la pared (el gnomon), y esa proyección va moviéndose día a día por una línea recta trazada de forma precisa, de sur a norte, grabada en el pavimento de la iglesia. En los solsticios —los puntos más altos y bajos del Sol

—, la proyección de este llega a los extremos de la recta, en la que se indican los meses según el Zodíaco.

Así que de esta forma tenemos un calendario anual que marca el «año trópico»

—tiempo que al Sol le cuesta girar los 360º de la eclíptica—. La forma de la

proyección elíptica del Sol permite, además, comprobar parámetros como la oblicuidad de la eclíptica, esto es, la inclinación del eje terrestre. Las mediciones de Cassini permitieron la determinación de este con una precisión sin precedentes.

Las meridianas —con permiso del todopoderoso telescopio— son un instrumento astronómico fascinante. La mayoría de ellas está en Italia, y solo unas pocas en Francia y España. Recuerdo haber visto la meridiana de Cassini en Bolonia, en un viaje allá por 2005 regresando

de un congreso. Con mis compañeros de viaje pasamos varias horas estudiando el formidable hallazgo en San Petronio, iglesia a la que habíamos entrado por casualidad antes de ir a visitar la famosa universidad boloñesa, casi tanto como su salsa.

La ubicación en la pared del gnomon es inverosímil, puesto que permite que la proyección del Sol cruce mágicamente la basílica rozando sus numerosas columnas, pero sin tocarlas, con una longitud total sobre el suelo de la meridiana de 66,8 metros, lo que es una barbaridad. Cuanto mayor es la longitud, mayor la precisión. Resulta casi mágico pensar que esa recta trazada en el suelo por el gran Cassini (con insertos de bronce sobre el mármol) en esa iglesia deliberadamente oscura, y no muy bonita —veníamos de Florencia—, permitiera determinar exactamente que la inclinación del eje terrestre es de 23º y 17'.

En los mismos años en los que Cassini determinaba con precisión la distancia a la que se encuentra el Sol, Newton analizaba su luz. En 1666, utilizando un prisma, descubrió que esta se descomponía en colores. Y pocos años más tarde

—allá por 1800—, Herschel comprobó que, más allá de estos colores visibles, también había luz o radiación que no detectan nuestros ojos, pero sí los instrumentos. En concreto, comprobó que un termómetro colocado en un lugar sin aparente incidencia de luz se calentaba, y que esa radiación se comportaba exactamente igual que la que incidía en la zona visible del espectro. Había descubierto la radiación infrarroja.

Así nació la espectroscopía, que es el punto de arranque de la astrofísica. Si la astronomía se ocupa principalmente de la posición y brillo de los objetos celestes, la astrofísica nos proporciona información adicional analizando la energía de la luz que nos llega de ellos.

Hoy la mayor parte del tiempo de observación de los grandes telescopios se

invierte en obtener espectros de luz, más que en captar meras imágenes fotográficas, de las cuales también se obtienen cantidades de luz. Una de las clásicas decepciones del turista astronómico es encontrarse dentro de la sala de control de un telescopio con docenas de pantallas llenas de rayitas con poco o ningún atractivo; para ver las habituales y preciosas imágenes de galaxias, cúmulos o nebulosas, tiene que mirar hacia donde se cuelgan los pósteres y carteles con los

que adornamos las paredes e intentamos dar el pego para conseguir financiación de los políticos. Se pierde un poco el romanticismo de nuestra ciencia, pero las cosas son así de prosaicas.

Por ponerte un ejemplo, te diré que las fantásticas imágenes tomadas en el espacio por el telescopio Hubble y que todos hemos visto miles de veces son, en su mayoría, de cara a la galería —nunca mejor dicho —, porque la mayor parte del valioso tiempo de este ingenio espacial se dedica a sacar esas rayitas que no te gustan. Pero contienen una información mucho más valiosa que las retocadísimas fotografías, aunque estas forman parte de nuestra necesaria, artística y legítima publicidad. Tenemos que comer tres veces al día igual que tú.

Un par de años más tarde del descubrimiento de Herschel, el químico inglés William Hyde Wollaston se dio cuenta de que los colores que aparecían tras el prisma sobre el que incidía la luz solar estaban cortados por una serie de líneas negras que tenían poca o ninguna lógica. Para darles sentido físico, fue necesaria la figura de un científico con una desgraciada infancia, Joseph von Fraunhofer.

Este alemán era huérfano y trabajaba de niño de aprendiz en el taller de un cristalero, igual que hoy podría haber trabajado cosiendo balones de fútbol. Un mal día el edificio se vino abajo y el pobre mocoso quedó atrapado. El rey Maximiliano de Baviera dirigió el rescate de las numerosas víctimas y lo acogió bajo su protección — esto parece un cuento de Dickens, y casi podemos decir que lo fue—. Pronto el pequeño Joseph comenzó a dar muestras de una inteligencia poco habitual. Siguió trabajando, elaborando todo tipo de instrumentos ópticos, hasta inventar en 1814 el espectroscopio o espectrómetro.10

También elaboró métodos para medir de forma extremadamente precisa la dispersión de la luz, a la que ya podía asignar una u otra longitud de onda. La naturaleza ondulatoria de la luz había sido postulada por el holandés Christiaan Huygens —el de los anillos de Saturno—, y consolidada por mi tocayo de apellido, el británico Thomas Young, en las mismas fechas que los trabajos de

Fraunhofer.

Fraunhofer, tras inventar el espectrógrafo, observó hasta 574 líneas oscuras en el espectro del Sol, siempre en el mismo sitio. Hoy a este esquema lo conocemos como «líneas de Fraunhofer». Pero su gran sorpresa fue que, si en lugar de observar el espectro del Sol, apuntaba su telescopio con el prisma acoplado hacia Sirio, por ejemplo, las

líneas oscuras —o de absorción— cambiaban. Y también lo hacían con otras estrellas. La invención de la espectroscopía estelar había comenzado. Aunque el Sol era una estrella, su luz no era igual que las de las otras estrellas y, a su vez, estas eran diferentes entre sí. Por desgracia, Fraunhofer murió joven, antes de los cuarenta años, debido al envenenamiento por los metales pesados usados en la fabricación de los vidrios.

Para resolver este embrollo de las líneas oscuras, hubo que esperar a otros dos científicos alemanes. Gustav Kirchoff y Robert Bunsen comprobaron, casi cincuenta años después, que varias líneas de Fraunhofer coincidían con las líneas de emisión de algunos elementos químicos cuando se calentaban. De ahí dedujeron que las líneas espectrales que aparecían en el Sol eran debidas a la absorción de ciertos elementos en su atmósfera, como el sodio, el litio o el potasio. Cada elemento químico dejaba su inequívoca huella característica en forma de línea de absorción, aportando una información valiosísima sobre la composición de las diferentes estrellas. Y esto era solo el principio de lo que la astrofísica podía dar de sí.

En 1860 ya teníamos a los primeros astrofísicos. El británico William Huggins se montó su observatorio particular en el mismo Londres —lo que es una ingenuidad, teniendo en cuenta su inteligencia— y, entre niebla y niebla, fue capaz de observar líneas de absorción de varios cuerpos celestes. Así, la famosa nebulosa de Orión tenía espectros de gases, mientras que la de Andrómeda los tenía de estrellas. Ya se empezaban a discernir los difusos objetos de Messier y Herschel por su naturaleza espectroscópica.

La primera gran sorpresa que nos deparó el Sol fue en 1868. Pierre Jansen era un inquieto astrónomo francés que recorría el mundo en las más variadas misiones científicas, como medir el ecuador magnético terrestre en Perú o un tránsito de Venus en Japón. Cuando viajó a la India para observar el eclipse solar del 18 de agosto, al medir el espectro del Sol durante la ocultación, se dio cuenta de que aparecía una nueva línea brillante de absorción, asociada a la cromosfera (la capa más interna de su atmósfera), en el borde de la estrella. Esa línea no era conocida

en ningún elemento químico terrestre, así que supuso que en el Sol había un elemento propio. De forma independiente, el británico Norman Lockyer realizó poco después medidas de la cromosfera solar con un nuevo y potente espectrógrafo, encontrando la misma anomalía.

Como al nuevo elemento extraterrestre había que darle un nombre, se optó por el lógico de Helio. Era la primera vez que ocurría algo así. El helio no se encontró en la Tierra hasta veintisiete años después, cuando fue aislado por el químico escocés William Ramsey. Fue galardonado con uno de los primeros Premios Nobel de Química —en 1904, en su cuarta edición, la misma que premió a nuestro polímata José Echegaray con el de Literatura, la menor de sus habilidades—, por el descubrimiento e identificación de los gases nobles en el aire.

La cuestión más intrigante acerca del Sol en aquellos años era saber de dónde salía tanta energía. Los primeros en dar una respuesta, y equivocarse —pero justificadamente— fueron el británico William Thomson y el alemán Hermann von Helmholtz. Quizá el primero no te suene mucho, pero si te digo que se trata de Lord Kelvin, igual se te ilumina la cara.

Lord Kelvin fue otro enorme y respetadísimo polímata al que conocemos por haber determinado la temperatura absoluta mínima (-273,15 ºC) y por formular el segundo principio de la termodinámica. Kelvin y Helmholtz propusieron un mecanismo para explicar la energía del Sol. En esos años la ley de conservación de la energía estaba plenamente aceptada, así que de algún sitio tenía que sacar el Sol su energía para seguir brillando. Dado que todavía se desconocían las reacciones nucleares, postularon que la energía se producía debido a la contracción gravitatoria. En esencia, cuando la superficie de un planeta —o algún candidato a estrella— se enfría, la presión disminuye y hace que se contraiga, con lo que se genera una energía en el interior que termina radiándose.

Es lo que se cree que ocurre con Júpiter, que radia más energía propia que la reflejada proveniente del Sol. Se estima que este proceso hace que Júpiter se contraiga unos dos centímetros cada año. Pero si esto hubiera sido así con el Sol, su edad no iría más allá de unos cuantos millones de años, según calculó Kelvin.

Algo parecido le ocurría a la Tierra.

Kelvin consideraba que, en sus inicios, nuestro planeta fue una esfera de material fundido a unos 2000 grados de temperatura que se habría ido enfriando según

mecanismos termodinámicos conocidos. Con su tamaño, en 1864 extrapoló que su antigüedad era de unos cuarenta millones de años. Este dato chocaba frontalmente con las estimaciones geológicas —por ejemplo, de James Hutton y Charles Lyell, que necesitaban muchos

millones más para justificar las formaciones sedimentarias—, pero sobre todo con el incipiente darwinismo, que también necesitaba de mucho más tiempo (unos 300 millones de años) para hacer evolucionar las especies. De todo ello nos ha quedado una imagen de Lord Kelvin como la de un intransigente científico dominado por su fe religiosa, lo que no deja de ser una visión bastante sesgada que no nos deja apreciar su enorme legado de escrupuloso investigador.

El gran revés se lo llevó Kelvin a manos de Ernst Rutherford en la famosa conferencia de Londres el 20 de mayo de 1904. Rutherford había sido en su juventud jugador de rugby en su Nueva Zelanda natal y era un tipo descomunal, pero cuando se enteró de que el sabio estaba entre las ochocientas personas del público, entró en pánico por el contenido final de su charla. Solo se tranquilizó cuando vio a Kelvin dormitar en su silla, pero se despertó justo en el momento en el que explicaba la datación planetaria estimada con su recién descubierta radiactividad. Con reflejos de un buen talonador, Rutherford improvisó una referencia elogiosa al trabajo de Lord Kelvin —nunca te olvides de citar a los revisores de tus artículos, regla número uno de la publicación científica—, a lo que este sonrió plácidamente sin poner ningún reparo a los nuevos datos. Pero no llegó a aceptarlos nunca.

En realidad, la teoría de la radiactividad como fuente de energía interna de la Tierra no aportaba muchos cambios a la edad de esta. Sin embargo, fue fundamental para explicar la de nuestro Sol unos pocos años después. Como curiosidad, he de decirte que los restos de Lord Kelvin descansan en la abadía de Westminster junto a los de Isaac Newton, John Herschel, Charles Darwin… y Ernest Rutherford, entre otros grandes hombres de ciencia.

La pista principal para explicar la casi inagotable energía solar nos la proporcionó Albert Einstein en 1905. Como seguro que sabes la ecuación que convierte la masa en energía —no en vano es posiblemente la ecuación más famosa de la historia de la ciencia—, la omitiré. Y si no pongo esa fórmula, no pongo ninguna. Poco después, en 1928, Arthur Eddington postuló que el Sol produce su energía mediante la transformación de hidrógeno en helio, proceso en el que una parte de la masa se convierte en energía según la ecuación de Einstein.

La abundancia del hidrógeno en el Sol fue puesta de manifiesto por la cuarta astrónoma que aparece en este libro, la gran científica angloamericana Cecilia Payne-Gaposchkin. Esta estudió en Cambridge con muchos apuros y escasos resultados, puesto que su universidad no admitió mujeres entre sus estudiantes de grado hasta 1948. Así que

allá por los felices años veinte —para algunos—, nuestra heroína asistía a clases de Física del malhumorado gigante Ernest Rutherford con todo el banco de la primera fila para ella sola, puesto que hombres y mujeres no podían mezclarse.

En su tesis de doctorado (que leyó en 1925 en la Universidad de Harvard, tras haber abandonado Inglaterra), establecía que el hidrógeno y el helio son los principales elementos químicos de las estrellas. Hasta entonces se pensaba que el Sol y los planetas tenían elementos comunes en proporciones comunes, pero Payne-Gaposchkin demostró que el hidrógeno estaba en una proporción estimada de un millón a uno respecto a los otros elementos en las estrellas: era, de largo, el elemento más común en el universo.

Y ya en la década de los treinta, fueron el indio Subrahmanyan Chandrasekhar y el alemán Hans Bethe los encargados de calcular el detalle de las reacciones nucleares de fusión que producen la enorme cantidad de energía que radia el Sol.

Y el resto de las estrellas, claro.

Hoy se calcula que, cada segundo, 700 millones de toneladas de hidrógeno se convierten en 695 millones de toneladas de helio en el Sol, y los 5 millones de toneladas de diferencia se convierten en energía radiante. Desde la formación del sistema solar, hace 4500 millones de años, el Sol solo ha consumido un 4 por ciento de su reserva de hidrógeno.

He empezado este capítulo hablándote de las primeras observaciones solares con el telescopio y de las manchas que se descubrieron, pero me he dispersado con la propia dispersión de la luz, alejándome del tema. Lo recupero brevemente.

Las manchas o imperfecciones solares se conocían desde bastante tiempo atrás, y parece incluso que algún erudito de la Edad Media, como John de Worcester en su magna obra Chronicon ex chronicis —que es, básicamente, la narración de toda la historia del mundo desde la creación hasta el año 1140 o así—, hace referencia a las mismas e incluso se atreve con algún dibujo bastante simplón.

Sin embargo, no se toma conciencia de ellas hasta que son minuciosamente

representadas gracias al telescopio y a otros instrumentos, como el helioscopio, que es una simple modificación del primero para proyectar la imagen solar sobre un trozo de papel. Esto ahorraría

tantos disgustos como visitas al oculista.

Galileo quiso atribuirse el descubrimiento de las manchas solares. Le iba en el carácter, y eso vimos que no le benefició a la larga. Pero, además del mentado Thomas Harriot, el sacerdote luterano alemán David Fabricius y su hijo las estudiaron minuciosamente desde 1611. De Fabricius se sabe poco, y lo poco es malo, ya que murió joven, asesinado por un ladrón de gansos al que había denunciado desde el púlpito. El siguiente que se interesó por estas extrañas estructuras fue el astrónomo jesuita alemán Christoph Scheiner, un aristotélico convencido que se quedó de piedra al descubrirlas. Tanto que, para publicar sus primeros resultados en 1612, dicen que tuvo que usar un seudónimo.

A Galileo le molestó bastante que alguien le robara parte de su gloria —qué necesidad tenía, con la cantidad de cosas que estaba descubriendo—, y empezó una agria disputa epistolar con el jesuita alemán que duraría muchos años, acusándose mutuamente ambos de plagio. Lo que no era raro, dado que estaban observando las mismas manchas en las mismas fechas. Hay incluso quien se atreve a aventurar que Scheiner, que vivía en Roma en los años del proceso a Galileo, habría influido en la condena decretada por el inquisidor cardenal Bellarmino, también jesuita. Pero no hay constancia alguna. De lo que sí hay constancia es de los resultados de las observaciones de Scheiner, más detalladas que las de Galileo en esta cuestión no menor. El alemán explica de forma pormenorizada en sus escritos tanto las manchas solares como las fulguraciones, además de calcular gracias a las mismas el período de rotación solar, que fijó en veintisiete días.

El estudio de la aparición de las enigmáticas manchas solares no había hecho sino comenzar. Surgían de repente tras varios días o varios meses, solas o en grupo, con diferentes tamaños, y podían moverse sobre la superficie del Sol —al girar este— durante semanas o meses. Desde su descubrimiento moderno en 1609, los astrónomos las fueron anotando, y en 1848 el astrónomo suizo Rudolf Wolf compiló todos esos resultados, comprobando con asombro que su aparición seguía un ciclo de máximos y mínimos con un período aproximado de 11,1 años.

Poco antes el alemán Heinrich Schwabe había notado ya la regularidad en el número de las manchas.

Sin embargo, en 1893 el británico Edward Maunder se percató de un hecho

singular: entre los años 1645 y 1715 no habían aparecido manchas. Solo unas 50

de las aproximadamente 40.000 que deberían haber surgido. A este extraño hecho se le conoce como «mínimo de Maunder», y parece que este período coincidió con la Pequeña Edad de Hielo, en la que los inviernos de Europa y América del Norte fueron extremadamente duros. No sé si te quedarás más tranquilo si te digo que no se tiene ni idea de por qué pasó esto.

Hoy sabemos que las manchas solares son regiones más frías (entre 3000-4000

K, con K de Kelvin) que el resto de la fotosfera (que se calcula tiene unos 5780

K), y que son zonas magnéticamente muy activas, pero todavía presentan un montón de incógnitas. Una de ellas, y no la menos importante, es averiguar si tienen alguna influencia en el preocupante cambio climático, como afirman algunos detractores descargando sobre el Sol lo que es responsabilidad nuestra.

Resumiendo, la investigación de la física solar debe impulsarse más pronto que tarde, apoyando la construcción de más potentes telescopios solares, como el proyecto del gigante EST —European Solar Telescope—, que, con sus cuatro metros de diámetro en su espejo principal, se levantará en los observatorios canarios si queda algo de dinero europeo después de la pandemia.

Por no aburrirte con más datos de los necesarios, hoy sabemos que el Sol contiene nada más y nada menos que el 99,8 por ciento de la masa de todo el sistema solar, su magnitud aparente es de -26,7 (lógicamente el Sol es lo más brillante de todo lo que podemos ver) y su luz tarda en llegar a la Tierra unos ocho minutos y algo. Dada su enorme masa, los efectos gravitatorios de los planetas sobre él son ridículos, pero aun así son capaces de deformarlo unos diez kilómetros en el diámetro ecuatorial (una parte entre 9.000.000), por lo que no es una perfectísima esfera aristotélica, pero casi. Rota completamente su ecuador cada veintiocho días aproximadamente. Y tiene un movimiento de traslación propio dentro de nuestra Vía Láctea del que no te voy a hablar por el bien de tu salud mental y la mía propia.

Como en el caso de Selene, también Helios es motivo de estudio desde la Tierra y el espacio, aunque, en este caso, no se puede acercar uno mucho. Las primeras sondas en enviar información científica útil sobre

nuestro astro rey fueron las estadounidenses Pioneer en los años sesenta, colocadas en distintas órbitas alrededor del Sol. En concreto, las unidades numeradas de la 6 a la 9 enviaron gran cantidad de datos acerca del viento solar (partículas cargadas liberadas por el Sol, como electrones, protones y núcleos de helio), su campo magnético y los

rayos cósmicos.

Hasta el año 2000 alguna seguía enviando datos, por ejemplo, de telemetrías.

Hoy siguen dando vueltas alrededor del Sol, pero ya no hay comunicación con ninguna, aunque se cree que al menos dos siguen operativas y en cualquier momento podrían enviarnos un meme.

En los años setenta se lanzó el experimento Helios (otras dos sondas), y en los ochenta el SMM —Solar Maximum Mission—, otro satélite de la NASA que observó miles de erupciones solares y eyecciones de la corona, además de obtener un sinfín de datos en el rango de las energías más altas (ultravioleta, rayos X, gamma). Quizá no sepas que fue el primer telescopio en ser reparado en órbita por un transbordador espacial, el después malogrado Challenger, antes de la odisea del telescopio Hubble. Eso fue en 1984.

Una de las misiones posteriores más exitosas es SOHO —Solar and Heliospheric Observatory—, lanzada por la NASA y la ESA conjuntamente en 1995. Aunque tenía una duración prevista de dos años, todavía continúa activa. Proporciona datos valiosísimos en tiempo real anticipando las tormentas solares, lo que permite prevenir sus efectos sobre los cientos de satélites (especialmente de comunicaciones) en órbita alrededor de la Tierra. En 1998 la NASA puso en órbita TRACE —Transition Region and Coronal Explorer—, y ya en 2019 lanzó también al espacio la misión SDO —Solar Dynamics Observatory—.

Pero, sin duda, el proyecto estadounidense más ambicioso es la sonda Parker, que ya es el objeto humano más cercano al horno solar. Lanzada en 2018 con varias capas de bronceador, se adentrará en la corona a menos de 9 radios solares de la superficie (la fotosfera), alcanzando entonces la increíble velocidad punta de 700.000 kilómetros/hora, que es el Guinness en velocidades de artefactos humanos. Debe su nombre al físico estadounidense Eugene Parker, que no ha tenido que morirse para ver su nombre en el espacio —esto es la primera vez que ocurre y tendría que seguir ocurriendo—. Esperamos que pueda verla acercarse al Sol muchos años más, y

también a la europea Solar Orbiter, recién lanzada por fin en 2020. La investigación solar desde el espacio tiene por delante unos años apasionantes.

X

Los viejos roqueros

Tras visitar el Sol, toca reponerse de quemaduras y fatigas y regresar a nuestro planeta azul. Tenemos mundos en los que detenernos en el camino de vuelta.

Mundos antiguos que tienen muchas historias que contar. Y muchos años a sus espaldas. Los viejos roqueros nos contemplan desde los tiempos remotos y siguen en la brecha.

El concepto musical asociado a los planetas no es nuevo. Ya especuló con él Pitágoras y los pitagóricos, en general, que consideraban que los planetas al girar en sus esferas emitían sonidos armoniosos, lo que se dio en llamar la «música de las esferas celestes», que podía escucharse en las noches claras y de buen seeing.11 Kepler, en un trabajo tan bello como inútil, retomó la vieja idea musical: el universo geocéntrico había de regirse según las proporciones musicales, y los planetas estarían separados por intervalos igualmente melódicos.

Kepler asume la antigua idea filosófica griega y la adapta a su modelo heliocéntrico, ya elíptico, sin terminar de olvidarse de sus ensoñaciones con los sólidos pitagóricos perfectos. En Harmonices mundi —La armonía de los mundos, publicado en 1619—, Kepler postula que cada planeta emite un tono musical único y característico durante su movimiento de traslación alrededor del Sol, y que la frecuencia de dicho tono varía con la velocidad angular de los planetas medida con respecto al Sol. En realidad, estaba poniendo música a la letra de su tercera ley del movimiento planetario, que relaciona distancias y períodos orbitales. Aunque el libro no deje de ser una preciosidad, es un disparate consentido por ser Kepler quien fue. Y añadió que la armonía perfecta, la composición coral con todos los planetas sonando como una única y maravillosa voz, solo pudo ocurrir en el momento de la Creación. Si uno piensa ahora en el Big Bang como en una gran explosión —que, realmente, no fue—, la

belleza del concepto queda bastante desvirtuada.

Mercurio es el primer planeta rocoso, el más cercano al Sol, con permiso de un fantasmagórico Vulcano que nunca llegó a existir. Vas a ver cómo llegamos del uno al otro enlazando una historia muy curiosa

que involucra tanto a perfectos desconocidos como a los más ilustres científicos.

En 1840, Urban Le Verrier había recibido el encargo del Observatorio de París de realizar un modelo teórico completo del sistema solar utilizando la ley de la gravitación universal de Newton. Como ya sabemos, este trabajo lo llevó a descubrir Neptuno en 1846, debido a las alteraciones que su masa producía en la órbita de su vecino Urano. Le Verrier, ya crecidito —tanto en edad como en su ego personal—, comenzó a trabajar en Mercurio. Para su sorpresa, tampoco se comportaba de forma normal, sino que presentaba lo que se llama una

«precesión en el perihelio». Y no, esto no es una afección gástrica, sino una pequeña variación en el punto más cercano de su órbita alrededor del Sol, un efecto que hace que este punto se adelante (en términos de distancia angular) a razón de unos 43 segundos de arco… cada siglo.

La mecánica de Newton no podía explicar este efecto, y las precisas observaciones de los tránsitos de Mercurio por delante del Sol eran inequívocas.

Como podrás imaginarte, Le Verrier pensó que la flauta suena dos veces e infirió la presencia de un pequeño planeta interior, más cercano al Sol que Mercurio, que estaría produciendo el extraño comportamiento. Al planeta le llamó Vulcano

—no fue muy original en esta elección mitológica—, por su proximidad al Sol.

Era el año 1859. Como en el caso de Neptuno, ahora tocaba encontrarlo.

Ese mismo año un médico y astrónomo aficionado, Edmond Modeste Lescarbault, escribe a Le Verrier y le cuenta que ha visto su planeta transitando frente al Sol. Este se presenta de forma inesperada en su casa y lo interroga entusiásticamente. El galeno ha visto el planeta, incluso ha cronometrado su tránsito con su instrumental médico. El 2 de enero de 1860, Le Verrier corre a anunciar el descubrimiento de su segundo planeta en la Academia Francesa de las Ciencias. Su colaborador, Lescarbault, recibe la Legión de Honor y es aclamado como un héroe. Le Verrier, basándose en las medidas de Lescarbault, calcula que la órbita de Vulcano tiene un período de algo menos de veinte días y está inclinada respecto de la eclíptica unos 12º.

A partir de ese momento, no son pocos los astrónomos que corren a buscarlo.

Unos pocos afirmaban haber visto sus tránsitos antes incluso que Lescarbault, pero muchos de ellos no veían nada en absoluto. Los años siguientes fueron un caos astronómico: prestigiosos observadores anunciaban su detección, y no menos reputados astrónomos, su ausencia. Sin embargo, el nuevo planeta no se dejó ver en ninguno de los eclipses solares entre 1883 y 1908, así que se desvaneció.

La explicación al movimiento anómalo de Mercurio llegó nada más y nada menos que de la mano de Albert Einstein. Su teoría de la relatividad modifica levemente el modelo newtoniano, puesto que el espacio se deforma por la gran masa solar, cambiando la órbita en el lugar más cercano —el perihelio— del pequeño Mercurio. Este efecto es casi inapreciable en los otros planetas, pero no en Mercurio, por su proximidad y por la excentricidad de su órbita, la mayor del sistema solar. La prueba experimental definitiva de la validez de la teoría de Einstein llegó pocos años después, durante el eclipse solar del 29 de mayo de 1919, en el que se comprobó la curvatura en la trayectoria de la luz.

¿Recuerdas las tablillas de arcilla de los babilonios que se llamaban Mul-Apin?

Pues bien, allí están los primeros registros conocidos de Mercurio. Según una traducción aproximada, lo mencionan como «el planeta que salta». Esta deportiva denominación tiene su porqué. Mercurio solo puede verse al atardecer o al anochecer, y casi no se separa del Sol (entre 18º-28º, aproximadamente).

Tanto es así que en la Antigüedad muchas civilizaciones pensaban que eran dos planetas, y no uno solo. Los antiguos griegos las llamaron Apolo y Hermes, pero sus aventajados alumnos identificarían siglos después que la llamada «estrella de la tarde» era la misma que la «estrella de la mañana», y dejaron solo al dios Hermes sin su bello Apolo. El nombre equivalente romano que ha prevalecido es Mercurio, el mensajero de los dioses. La explicación es que se mueve muy rápido, tanto que hoy le habríamos puesto Glovo o incluso algo peor.

Imagino que a estas alturas de la narración intuirás quién fue el primero que observó Mercurio a través del telescopio. Correcto, fue Galileo. Al ser un planeta interior, debería tener fases, como les ocurre a la Luna y a Venus, pero Galileo no tenía suficiente capacidad de resolución —o había mal seeing en Venecia— como para distinguirlas. En 1639 el astrónomo italiano —y, cómo no, jesuita— Giovanni Zupi las observó.

Otra curiosidad es que Mercurio puede ser ocultado por Venus, visto desde la Tierra. Es un fenómeno rarísimo. Exactamente el 28 de mayo de 1737 el astrónomo británico John Bevis lo comunicó. Por única vez, de momento, en la historia. Olvídate de la próxima porque no estaremos aquí para verla: está programada para el 3 de diciembre del año 2133. Apúntaselo a tus hijos —o nietos—, no se vayan a despistar ese día con algún partido de fútbol o con Saber y Ganar.

Mercurio es el planeta más difícil de observar. Tanto que hay poquitas cosas que contar. La mayor parte de los astrónomos de los siglos XVIII y XIX estaban obsesionados con Marte y sus extrañas formaciones, porque el otro roquero de nuestro capítulo —Venus— no presenta apenas estructuras al telescopio, estando como está recubierto por una densa y nada recomendable atmósfera.

Tal vez el astrónomo más conocido que puso su ojo y apuntó su telescopio con cierto fundamento a los tres planetas rocosos —siempre haré excepción y omitiré la Tierra por razones obvias, ya que la astronomía mira hacia el cielo, no hacia el ombligo— fue el italiano Giovanni Schiaparelli. Aunque es muy famoso por sus canales marcianos, también observó concienzudamente a Mercurio.

Supuso que, al igual que ocurre con la Luna, Mercurio estaba afectado por la rotación síncrona respecto al Sol, por lo que siempre ofrecería a este la misma cara y, además, sus periodos de rotación y traslación serían iguales (88 días). Se tardaron muchos años todavía (hasta 1965) en descubrir que la resonancia orbital entre el Sol y Mercurio es 2/3, lo que quiere decir que su período de rotación es de unos 59 días.

El hecho de que Mercurio esté tan pocos minutos en el cielo observable es muy incómodo para los telescopios. Incluso el Hubble tiene vetado hacerle fotografías, porque está tan cerca en distancia angular al Sol que cualquier error podría resultar fatal para su delicada instrumentación. Y ya no hay transbordadores para arreglarlo. La mayor parte de las cosas que sabemos de él han sido gracias a las sondas espaciales.

Apenas dos se han acercado a Mercurio, y la tercera (la BepiColombo, que recuerda en su nombre al gran astrofísico italiano Guiseppe Colombo, quien calculó la resonancia orbital) partió en 2018 y llegará en 2025.

La primera sonda en visitar el esquivo planeta fue la estadounidense Mariner-10, que se lanzó en 1973 y sobrevoló el planeta en tres ocasiones, además de visitar

Venus, de cuya ayuda gravitatoria sacó provecho para llegar a Mercurio. Obtuvo las primeras fotografías cercanas del planeta, imágenes que desvelarían la cara de un auténtico roquero, muy similar en su aspecto, lleno de cráteres de impacto, a nuestra Luna. Tanto que muchas veces verás en los telediarios noticias relacionadas con Mercurio ilustradas con imágenes de la Luna y a la inversa. De hecho, el diámetro del planeta más pequeño del sistema solar es de solo 4879

kilómetros, frente a los 3474 de la Luna, muy similares. En la aproximación más cercana, la Mariner-10 se colocó a solo 327 kilómetros de su superficie, pudiendo cartografiar menos de un 45 por ciento de su superficie, ya que, desafortunadamente, en los tres acercamientos la sonda vio la misma cara debido a la comentada lentitud en su rotación. La Mariner-10, una vez sin combustible, se ha convertido en un asteroide más girando alrededor del Sol, a la espera de que algún astrónomo despistado la confunda nuevamente con el planeta Vulcano.

La otra sonda visitante es la Messenger, que fue lanzada en 2004 por la NASA y, tras varias aproximaciones, se colocó en órbita planetaria de Mercurio en 2011, donde estuvo dando vueltas a lo largo de cuatro años para terminar siendo estrellada contra el planeta al final de su fructífera misión. Entonces se convirtió en un meteorito más, puesto que dejó un cráter de unos dieciséis metros de diámetro. Entre un sinfín de importantísimos resultados sobre su composición, campo magnético, historia geológica o atmósfera, la Messenger envió a la Tierra decenas de miles de fotografías de Mercurio que permitieron realizar la cartografía completa de su superficie y tener un número de cráteres lo suficientemente grande como para asignarlos a un montón de artistas y famosos que esperaban nuevas entregas.

No sé si los griegos estarían muy despistados siguiendo los Juegos Olímpicos, pero el caso es que poner el nombre de la diosa romana de la belleza y del amor al inhóspito planeta Venus (Afrodita en la versión griega) fue un error mayúsculo. Porque el siguiente planeta rocoso de nuestro vecindario musical no es lo que se dice muy cariñoso.

De entrada, se empeña en llevar la contraria, ya que gira alrededor de sí mismo de forma dextrógira (el Sol se mueve en Venus de oeste a este, al revés que en los demás), y su paseo anual alrededor del Sol dura menos de un día propio (224

días terrestres frente a 243), lo que es un tópico bastante conocido (el

año es más corto que el día), aunque no llega a estar anclado síncronamente del todo, como

tampoco lo hace Mercurio.

Venus es el tercer objeto más brillante del cielo, tras el Sol y la Luna, y solo ellos tres son visibles con la claridad del día. Esta norma solo se rompe por la aparición de alguna supernova, lo que no ocurre desde 1604. El brillo aparente que presenta Venus alcanza una media de -4,14, aunque baja con la luz del Sol hasta -3. Estas circunstancias conjuntas de ser tan brillante, poder verse de día y, además, por partida doble, como Mercurio, hicieron que fuera el primer planeta en ser registrado casi unos 2000 años a. C. (por los babilonios, acuérdate de la Tablilla de Venus de Ammisaduqa).

Dado que recorre una órbita interna más rápida que la nuestra, nos adelanta a los terrícolas cada 584 días. Esto hace que pase de ser una estrella de la tarde, visible tras la puesta del Sol, a una estrella de la mañana, visible antes del amanecer. Estas denominaciones coinciden con las de Mercurio, aunque para ser exactos deberíamos decir que las de Mercurio coinciden con las de Venus, pues fue el primero en ser estudiado.

También los griegos más antiguos pensaban que eran dos estrellas o planetas diferentes, y les asignaron los dioses de Phosphorus, por la mañana, y Hesperus, por la tarde. Aunque tanto Plinio el Viejo como Pitágoras y algunos astrónomos griegos ya sabían que se trataba de un solo planeta, los romanos heredaron la tradición dual de Venus con los nombres de Lucifer —«el que trae la luz»— y Vesper. Al final, este embrollo mitológico se unificó en el sugerente nombre de Venus, y todos quedaron satisfechos con la elección de Miss Universo.

Sus brillantes apariciones diurnas no son infrecuentes, incluso a mediodía en un día claro (nunca se separa más allá de 47º del Sol), y, por su sencillez, no hace falta recurrir a astrónomos para encontrar citas de ellas. Las más famosas nos las contaron Napoleón —parece que fue durante su paso por Luxemburgo, a su regreso de la campaña de Italia— y Abraham Lincoln, durante su segundo discurso como presidente de Estados Unidos el 4 de marzo de 1865 en Washington, cuando la victoria sobre los secesionistas estaba casi consumada y la esclavitud de los afroamericanos llegaba a su fin. Fue un discurso marcadamente religioso con frecuentes alusiones a Dios y la Biblia, que hoy bien podría repetirse en cualquier campaña del Black Lives Matter, con Venus brillando junto al Sol como testigo excepcional.

Por su tamaño y proximidad, con frecuencia nos referimos a Venus como el

hermano gemelo de la Tierra. Solo tiene 638 kilómetros menos de diámetro, y su masa es el 81,5 por ciento de la nuestra, así que es ligeramente más pequeño.

Pero no tiene un satélite como nosotros, aunque el gran Cassini creyó encontrarle uno en 1672 al que llamó Neith. No duró mucho.

La órbita de Venus es prácticamente circular (a Kepler no le servían de mucho sus números) y es un planeta casi esférico, dado que rota muy despacito. Así que podríamos decir que es un clásico, en el sentido aristotélico del término. Uno de los fenómenos más conocidos de los planetas interiores son los llamados

«tránsitos», cuando Mercurio o Venus se interponen en el camino entre la Tierra y el Sol proyectando su sombra sobre este.

El primer tránsito de Mercurio predicho y constatado fue el observado por el astrónomo Pierre Gassendi en 1631, haciendo uso de las Tablas rudolfinas elaboradas por Kepler, que no vivió para verlo, pero acertó de pleno.

Los tránsitos de Venus son muy raros. Siguen un ciclo de 243 años en el que se dan dos pasadas —sí, como los aviones o la pintura—, separadas unos ocho años entre ellas. Precisamente hubo uno casi coincidiendo con el de Mercurio en 1631, pero no en horas diurnas europeas.

El que sí se pudo observar fue el de 1639, gracias a los trabajos de un joven y estricto clérigo inglés llamado Jeremiah Horrocks. Kepler había predicho antes de morir que en ese año estaría cerca de producirse un tránsito, pero Horrocks lo corrigió mínimamente y afirmó que el «cerca» sería un rotundo «sí». Ganó el inglés contra todo pronóstico, así que él y su colega William Crabtree fueron los únicos en todo el mundo en asistir al precioso espectáculo.

Otro astrónomo que ya es amigo nuestro, el cervecero Johannes Hevelius, publicó en 1662 su obra Venus in sole visa —Venus visto sobre el Sol—, basada en sus observaciones. Horrocks fue un astrónomo bastante prestigioso en su tiempo, dio cuenta también de la trayectoria elíptica de la Luna alrededor de la Tierra y figura entre los agradecimientos de Newton. Lo que, conociendo al exigente Newton, es decir mucho y bien de este modesto religioso que murió de forma inexplicable cuando solo tenía veintidós años. Jeremiah Horrocks pasó

a la historia como el puritano que vivió poco pero intensamente, y tiene un cráter lunar con su nombre —qué menos— y una placa en la abadía de Westminster.

Ya en épocas más modernas, y como eran perfectamente conocidas las fechas

exactas en las que se iban a producir los tránsitos de Venus, se programaron docenas de expediciones a los lugares en los que iba a ser visible, con el fin de estudiar o medir otras cuestiones relacionadas, como la distancia de Venus a la Tierra o su diámetro, derivando con ellas el esquivo valor de la unidad astronómica (ua), o distancia entre la Tierra y el Sol.

Estas expediciones fueron muy populares, tanto que incluso hay libros de aventuras sobre ellas. Hay muchos personajes conocidos involucrados, como Edmund Halley, Mijaíl Lomonósov (científico ruso que estableció con Lavoisier la ley de conservación de la materia en las reacciones químicas) o el capitán James Cook. El ruso también daría cuenta en la expedición de lo que podía ser una débil atmósfera venusiana. En 1874 el evento fue especialmente notable visto desde Japón, y fruto de esa expedición se guarda la primera serie de fotografías históricas, Passage de Vénus, realizadas por el astrónomo Pierre Jansen, uno de los codescubridores del helio en la cromosfera solar.

Incluso España, pásmate, participó en 1882 en una expedición para observar el raro fenómeno desde Cuba y Puerto Rico, en aquel entonces colonias españolas.

El Gobierno se gastó 20.000 pesetas en el instrumental y, desde esa fecha, el presupuesto de I + D en nuestro país apenas se ha incrementado, que para qué lo vamos a tocar si nos va bien así.

El último par de tránsitos de Venus han ocurrido el 8 de junio de 2004 y el 6 de junio de 2012. Hasta el año 2117 no acontecerá otro, así que anótalo para tus hijos y nietos en el mismo lugar donde apuntaste el dato de las próximas ocultaciones. Por supuesto, que sea en un papel, porque dentro de un siglo tu agenda electrónica no servirá absolutamente para nada.

Pocas cosas más pudieron averiguarse de Venus hasta el siglo XX, a excepción de que tenía una atmósfera y que esta impedía determinar el período de rotación del planeta. En 1866 otro clérigo y astrónomo, en este caso estadounidense, Chester Lyman, también observó un

«delicado» halo de luz rodeando a Venus e intuyó, correctamente, que se correspondía con su atmósfera. Como las observaciones en el rango visible con el telescopio servían de poco, hubo que echar mano de la espectroscopía y de las observaciones en el rango ultravioleta y en el de las ondas de radio.

Para que te hagas una idea de la complejidad del carácter de la caprichosa, tímida y romántica diosa, hasta la década de los cincuenta no se supo de su

movimiento retrógrado; en los sesenta, y gracias al radar, se obtuvieron medidas de su período de rotación, y hasta los setenta —con el hombre habiendo paseado alegremente por la Luna—, no se desvelaron algunos detalles de su rocosa superficie.

Las sondas a Venus han sido numerosas, pero parecen haber sido casi patrimonio de la extinta Unión Soviética. La primera sonda rusa Venera-1 fracasó, y la pequeña gloria en llegar y acercarse a Venus por vez primera fue la estadounidense Mariner-2 en 1962. Pronto se vio que llegar a las proximidades de la densa atmósfera de Venus servía de poco, y había que arriesgarse hasta el final. Así, las sucesivas Veneras iban progresando adecuadamente. La tercera se estrelló, pero la cuarta se sumergió en la horrible atmósfera de Venus y logró medir que el 95 por ciento de esta es dióxido de carbono, y casi todo el resto, ácido sulfúrico. Un privilegio y una suerte estar allí. La quinta y la sexta fueron aplastadas por la presión atmosférica, unas 90 veces la terrestre, a solo dieciocho kilómetros de alcanzar la superficie.

Por fin, el 15 de diciembre de 1970, la sonda Venera-7 pudo posarse en el terrible planeta, y sobrevivió la friolera de veintitrés minutos, durante los cuales pudo enviar datos de su temperatura (unos 450 ºC) y otros importantes parámetros de ese infierno. También la octava sonda llegó a la superficie.

Pero fue la Venera-9 la que se quedó en órbita el 20 de octubre de 1975, e hizo descender una pequeña cápsula de algo más de 600 kilogramos que logró tomar tierra dos días después y enviar fotografías del aspecto desolador de la superficie venusiana. Era la primera vez en la historia que se tomaban fotografías desde la superficie de otro planeta. Menos de una hora después del venusizaje, la diosa del amor la destruyó, pero sus imágenes llegaron a la Tierra, al igual que sucedió con las numeradas como 10, 13 y 14. Un total de dieciséis sondas Venera envió la Unión Soviética, la mayoría con éxito, hasta 1983. Consiguieron cartografiar alrededor del 25 por ciento de la superficie venusiana.

Al programa Mariner de la NASA lo siguió el proyecto Pioneer Venus, y en 1990, la sonda Magellan, o Magallanes. Esta fantástica sonda consiguió cartografiar en sus cuatro años de misión el 98 por ciento de la superficie con medidas de radar de hasta unos cien metros de resolución. Venus ya había sido desnudada definitivamente sin pudor.

Otras misiones han sido la europea Venus Express (en 2005) y la japonesa

Akatsuki (en 2010). Tras muchos años de olvido, la NASA anuncia que va a regresar a Venus. El 2 de junio de 2021 ha hecho público el envío en los próximos años de dos pequeñas misiones: Veritas y Davinci+. La primera es un orbitador, y la segunda, una pequeña cápsula que entraría en la atmósfera venusiana para estudiar su composición. El anuncio ha cogido por sorpresa a casi todo el mundo, ya que Venus había sido relegado a un triste segundo plano por culpa de nuestro siguiente invitado estelar.

Marte es el favorito entre los planetas de nuestro vecindario; es el cuarto planeta, más allá de la órbita de la Tierra. Por muchas razones, pero tal vez la más obvia es que es nuestro vecino amable, el que nos puede prestar la sal, el hielo (tiene polos, como la Tierra), quizá cervezas y tal vez algún sofá para dormir cuando el Sol nos desahucie.

Dos de sus características son muy similares a las nuestras: su día dura casi lo mismo que el terrestre (unas 24 horas y 40 minutos en números redondos), y la inclinación de su eje también es prácticamente igual (unos 25º). Si suponemos que la inclinación terrestre se debe a una colisión que dio origen a la Luna, la fisonomía de Marte también hace pensar que puede haber sufrido un accidente parecido sin seguro a terceros. Por esta inclinación, Marte también tiene estaciones, aunque son mucho más largas que en la Tierra debido al mayor período orbital: da una vuelta alrededor del Sol cada 687 de nuestros días.

La curiosidad por el Planeta Rojo viene de muy atrás. Los griegos lo bautizaron Ares (su dios de la guerra) y los romanos Marte, que es la misma deidad pero adaptada a sus gustos. Dios de guerras, sangre y batallas. Sus hijos naturales son Fobos («miedo») y Deimos («terror»), que dan nombre a sus dos pequeños satélites, aunque no producen ninguna intranquilidad hoy en día. Descubiertos en 1877 por el astrónomo estadounidense Asaph Hall, se piensa que son dos pequeñas capturas del cinturón de asteroides que lo separa de Júpiter.

Antes que los griegos y los romanos, los sumerios ya lo conocían como Nergal, un dios tan cruel y sanguinario como los otros que también se

relacionaba con plagas, batallas, muertes y cosas desagradables. Nunca tuvo buena fama entre los antiguos, por más simpático que nos resulte hoy, con sus rovers paseando plácidamente por su superficie.

La órbita de Marte fue concienzudamente medida hasta extremos inverosímiles

por astrónomos tanto antiguos como modernos, aunque ya he contado cómo Kepler se enfrentó al problema y sanseacabó. Lo más interesante empezó cuando el telescopio permitió comenzar a distinguir el aspecto de su roja superficie (mayormente debido al óxido de hierro).

El primer astrónomo que se metió a pintar el boceto inicial de Marte fue Christian Huygens, que también midió su período de rotación (acertó con 24

horas y media). Huygens, que era muy bueno observando con un ojo cerrado, distinguió y dibujó en 1659 una mancha negra que más tarde se llamó Syrtis Major y que es un gigantesco volcán en escudo de pequeña altura.

Los primeros en atreverse con otro boceto más completo y confeccionar una especie de atlas de Marte fueron los alemanes Johann Heinrich Mädler y Wilhelm Beer, entre 1830 y 1840. Establecieron la referencia geográfica del primer meridiano en el llamado después Sinus Meridiani, lugar que ha seguido usándose como kilómetro cero marciano hasta hoy, algo así como la Puerta del Sol de Madrid, pero sin reloj ni carillones. En esta zona las variaciones de albedo (oscilaciones de brillo y reflectividad entre zonas planetarias claras y oscuras) son muy grandes, y es fácilmente distinguible. Y a mediados del siglo XIX todo el mundo giró sus mejores telescopios hacia Marte. Y entonces se montó el lío.

El primer gran soñador con Marte fue el francés Camille Flammarion. Era un buen astrónomo, pero se aburría soberanamente con el repetitivo trabajo que llevaba a cabo en el Observatorio de París. Pronto se dejó influenciar por las ideas del filósofo Jean Reynaud, que, entre otras cosas, postulaba la inmortalidad del alma humana, alma que se iba reencarnando y perfeccionando según el planeta en el que habitaba. Al poco Flammarion comenzó a escribir libros populares sobre astronomía, con gran éxito de lectores. Su Astronomie populaire vendió más de 130.000 ejemplares, lo que le permitió llevar una vida desahogada. Con la mitad de la mitad, yo me conformo. En sus libros, Flammarion dejaba volar su imaginación, suponiendo que el planeta Marte estaba lleno de vida, con grandes plantas y animales que

crecían desordenadamente dada la baja gravedad.

En los mismos años de sus éxitos editoriales aparece en Italia otro soñador impenitente, Giovanni Virginio Schiaparelli. Aprovechando la gran oposición planetaria de 1877 (el Sol, la Tierra y Marte alineados), Schiaparelli dibujó un detallado mapa de la superficie marciana en el que, además de ubicar mares y continentes (designó las regiones marcianas con sugerentes nombres bíblicos y

mitológicos), trazó también una intrincada red de líneas a las que llamó canali.

Al mismo tiempo, el astrónomo irlandés Charles Burton pintó en 1879 unas formaciones similares, aunque no coincidentes. Burton ya avisó entonces de que había que ser muy prudente para asociar estos canales a construcciones modernas, lo que equivalía a decir que no tenían por qué ser artificiales.

Sin embargo, en el subconsciente colectivo existía la idea de que la vida marciana era posible. Marte era demasiado parecido a la Tierra, incluso tenía polos, y los cambios en el albedo hacían confundir las posibles llanuras de tierra con tranquilos mares de agua. Imaginar que los marcianos construían canales para llevar agua desde los polos hasta el árido ecuador era más que razonable, y más si tenemos en cuenta que el canal de Suez (hoy tan de moda por sus atascos) se terminó en 1869, y el primer intento de abrir el canal de Panamá (por iniciativa francesa) fue en 1880. Así que todos veían canales. Y si quieres ver canales, los terminarás viendo.

En 1889 mi tío estadounidense —el astrónomo Charles Young— confirmó las observaciones de Schiaparelli y añadió más rutas. En 1892, con otra oposición favorable, el prestigioso William Henry Pickering añadió a la estructura una serie de manchas oscuras en las intersecciones de los canales que fueron interpretadas como depósitos o lagunas, ideales para levantar ciudades a su lado.

En las observaciones de esos años pareció desvanecerse la idea inicial de que hubiera mares, lo que contribuyó aún más a fomentar la idea de irrigar las secas regiones centrales con agua fresquita llevada desde los casquetes polares.

También había alguna que otra tormenta de arena que impedía las observaciones durante semanas. La tormenta perfecta para que llegara Percival Lowell.

Nacido en Boston en 1855, en el seno de una familia acomodada,

Percival Lowell se licenció con honores en Matemáticas en Harvard y luego inició un largo periplo como hombre de negocios por Asia (Corea y, principalmente, Japón) en el que adquiriría prestigio y una cierta fama y fortuna. En 1893

decidió abandonar sus prósperos negocios y tomar de por vida los pobres hábitos de la astronomía. Levantó un observatorio completo en Flagstaff, Arizona, en un lugar excelente para mirar al cielo. Y, como primer objetivo (entre otros, porque también pretendía encontrar el planeta-X y estudiar a fondo Venus), se empeñó en la búsqueda de vida inteligente, si es que un ingeniero de caminos, canales y puertos es alguien a quien se pueda considerar como un ser inteligente, que supongo que sí, en Marte. Lo hizo durante quince años, publicando tres libros con un sinfín de láminas sobre los canales marcianos y otras supuestas

creaciones extraterrestres que iba descubriendo; así popularizó la idea de que la vida marciana era un hecho constatable.

Lowell era un conferenciante de éxito, y en cada una de sus charlas abarrotaba los salones con cientos de admiradores y devotos seguidores. Su influencia fue tan grande que muchos lo han calificado como el mayor divulgador de las ciencias planetarias en Estados Unidos antes de Carl Sagan. Y la bola de nieve no paraba de crecer.

En la oposición marciana de 1890, un astrónomo del Observatorio Lick, James Keeler, observó unas extrañas manchas brillantes que la prensa sensacionalista no dudó en asociar a señales de los marcianos intentando comunicarse con nosotros. Otro astrónomo, el francés Mercier, propuso contestar al mensaje utilizando la torre Eiffel, que para eso la teníamos. Incluso se organizó un concurso (en el que participó la Academia de Ciencias Francesa) para premiar con 100.000 francos a la primera persona capaz de comunicarse con cualquier extraterrestre. Como intercambiar mensajes con los marcianos parecía demasiado fácil, se excluyó a Marte del concurso. El mundo es de los soñadores, amigo lector.

Pronto comenzaron a aparecer voces discrepantes. Edward Barnard (el astrónomo de la estrella del mismo nombre) dijo alto y claro que él no veía un pimiento. Tampoco Edward Maunder (el de las manchas solares) vio nada y así lo anunció en 1903. Eran astrónomos de prestigio y esto socavaba los descubrimientos de Lowell. Incluso un ayudante suyo (Andrew Douglass) lo desautorizó asegurando que los supuestos canales podían ser un mero efecto psicológico, una forma suave de decir que Lowell se lo imaginaba todo. Como es obvio,

Douglass tuvo que dejar el observatorio con urgencia.

Otros científicos, como Alfred Wallace, argumentaron vehementemente que Marte era demasiado frío para tener agua líquida, y su atmósfera demasiado débil para albergar vida similar a la humana, añadiendo que las medidas espectroscópicas no encontraban agua por ninguna parte. Desde Europa tampoco llegaban buenas noticias, ya que los astrónomos franceses también negaban cualquier indicio de canales en Marte desde sus recién estrenados telescopios pirenaicos.

Ni desde España, con las observaciones del gran Josep Comas i Solà. En 1910 ya prácticamente nadie creía en los canales, pero la cultura popular mantuvo la

esperanza casi hasta la llegada de la primera sonda marciana, la Mariner-4, que en 1965 envió una serie de contundentes fotografías y terminó para siempre con el debate.

¿Qué confundió a Lowell? Hay algunas teorías modernas al respecto. Una dice que eran caminos o arrugas de materiales formadas por el viento marciano y que la imaginación hizo el resto. La más interesante es la publicada en 2003 en la revista Sky & Telescope. Lowell solía añadir una lente en su ocular para limitar la pupila óptica de su telescopio y evitar algunas aberraciones. Al menos, lo hizo habitualmente en las observaciones de Venus, en las que tampoco acertó demasiado. Pero esa configuración óptica llevada al límite podía convertir su telescopio en un enorme aparato oftalmológico. En ese caso, lo que estaría viendo Percival Lowell sería una proyección de su propio globo ocular, de sus propios y numerosos capilares sanguíneos. Así que podríamos decir que, en efecto, Marte era un planeta lleno de canales de sangre.

Hoy tenemos mapas de Marte claros y precisos, fruto de las recientes observaciones telescópicas y de las numerosas sondas que hemos enviado allá a pedir hielo para los combinados. Sabemos que en Marte se levanta el monte Olimpo, el mayor volcán del sistema solar (unos veinticinco kilómetros de altura), y que los valles Marineris (un enorme conjunto de cañones en su ecuador) son una de las formaciones geológicas más espectaculares que podemos encontrar en planeta alguno. El 40 por ciento de Marte en su hemisferio norte lo forma la llanura denominada Cuenca Boreal, que es el más que probable resultado del impacto primigenio que meneó el planeta y lo dejó tal y como lo conocemos. Brilla con una magnitud variable, pero cercana a -3, así que se pone por detrás de Júpiter y Venus en cuanto

a visibilidad.

Marte está más en el punto de mira que nunca. Es nuestra próxima visita, aunque todavía sin fecha, por más que Elon Musk ponga a dar brincos a sus enormes y feísimos silos llenos hasta reventar de metano y oxígeno líquidos. De momento, el ser humano ha enviado hacia allá más de sesenta sondas y vehículos, con resultado dispar.

La carrera marciana comenzó casi en paralelo a la lunar, con las dos superpotencias enfrentadas a cara de perro. El programa Mars soviético corría en paralelo con el Mariner estadounidense. La Mariner-4 consiguió las primeras imágenes en 1965, pero la Mars-3 fue la primera en amartizar en 1971. En los

años setenta los estadounidenses tomaron la delantera con las dos sondas Viking, que, además de posarse en tierra suavemente, enviaron las primeras imágenes de la desoladora superficie marciana.

Tras una serie de sondas que correrían distinta suerte por ambas partes, llegó la exitosa Mars Pathfinder estadounidense: en 1997 colocó el primer vehículo o rover sobre la superficie de otro planeta, el Sojourner, que se movió entre los canales marcianos —es un decir— durante 84 días. Como los éxitos se alternan con los fracasos en las aventuras marcianas, al año siguiente perdieron la sonda Mars Climate Orbiter, reconociendo el vergonzoso error de haber confundido millas con kilómetros en el software de control del artefacto. Si hubieran usado campos de fútbol como unidad de longitud, incluso estadios, otro gallo habría cantado.

A comienzos del siglo XXI, Europa se suma a la aventura en Marte, y desde 2003 la Mars Express se encuentra orbitando el Planeta Rojo, al igual que hace la Mars Odyssey estadounidense. Una nueva misión de este país colocó en 2004

dos vehículos por el precio de uno en la superficie marciana: el Spirit y el Opportunity. Sus bonitos nombres son el resultado de un concurso de relatos de la NASA ganado por la niña Sofi Collins. El primero estuvo en funcionamiento hasta 2010, pero su hermano gemelo se mantuvo activo hasta 2018, cuando se perdió su señal debido a una tormenta de arena. El Opportunity recorrió durante este tiempo más de 45 kilómetros sobre el pedregoso terreno extraterrestre. Pero todavía quedaba un rover triscando alegremente por allí: el Curiosity, que llegó en 2012. Como dato curioso, India también tiene desde 2014 un satélite orbitando Marte, el Mangalyaan.

Hoy las misiones a Marte continúan. Apenas hace unas semanas —en el momento de redactar estas notas— acaban de despegar de la Tierra la Emirates Mars Mission (sí, de los Emiratos Árabes) y la esperada Tianwen-1 china, que incluye el primer rover marciano asiático, una pequeña maravilla. En esta misma ventana de lanzamiento de julio de 2020 otro rover similar al Curiosity (el Perseverance) ha salido en busca del mundo rojo, con la novedad de llevar acoplado un pequeño helicóptero que, si todo va bien, podrá enviarnos regularmente bonitas vistas de pájaro del relieve marciano. Jugar con un dron desde la Tierra puede resultar entretenido.

A la hora de revisar este texto por última vez antes de que la editorial lo componga y te lo haga llegar con todo nuestro cariño, ya el Perseverance está

rodando por la campiña marciana haciendo de las suyas con sus docenas de cámaras enviando imágenes imborrables. Y el pequeño Ingenuity ha desplegado sus frágiles alas de libélula.

XI

Lucha de gigantes

Una de las cuestiones que más sorprendió a los astrónomos cuando empezaron a mirar a través del telescopio es que muchas estrellas, muchísimas, eran dobles. O

triples, o cuádruples o quíntuples. En ese aspecto, las estrellas se parecían mucho a la reproducción animal en general, y a la humana en particular. Las estrellas nacen, crecen (realmente «evolucionan», pero nuestro querido Sol va a engordar en los próximos milenios hasta ponerse rojo como un descomunal tomate gaseoso), se reproducen —de ahí el símil— y, finalmente, mueren. Esto último lo hacen de formas variadas y curiosas, suaves o muy violentas. En resumen, que son muchas las cosas que nos unen con las estrellas…, salvo el destino, que nos pertenece solo a nosotros.

Si buscamos un ejemplo cercano, que sea lo más próximo posible. La segunda estrella —la primera es obvia— más cercana a la Tierra es Alfa Centauri, que se encuentra a unos 4,37 años luz de nosotros. Pues bien, Alfa Centauri no es una estrella sino tres, unidas por la gravedad. Al principio solo se observaron dos, y su descubridor fue el francés Nicolas-Louis de Lacaille en 1752. Iba para sacerdote, pero se quedó en diácono por su pasión científica. Fue discípulo de Jacques Cassini (sí, el hijo del gran Giovanni Cassini, también astrónomo como su

padre), y al final de su vida tuvo como alumno al extraordinario químico Antoine Lavoisier que, como sabrás, fue guillotinado durante la Revolución Francesa. De él diría el matemático Lagrange: «En un solo instante se quedó sin cabeza. Harán falta más de cien años para que aparezca otra igual». Y no le faltaba razón.

Volviendo a su querido profesor Lacaille, en 1750 se enroló en una expedición al cabo de Buena Esperanza con el fin de realizar mediciones y cartografiados en el hemisferio sur, por aquella época muy poco estudiado porque los grandes telescopios y los astrónomos occidentales estaban y vivían en el hemisferio

norte.

Hoy muchos astrofísicos prefieren el hemisferio sur al norte para observar, lo que es una cuestión de gustos y colores. Pero, en la práctica, los mayores telescopios actuales se están construyendo para observar desde el hemisferio sur, así que hay cierto sesgo en este disputado equilibrio. Al final, la productiva estancia de Lacaille en los alrededores de Ciudad del Cabo se prolongó dos años, en los que observó los cielos australes de forma tan minuciosa como compulsiva: más de 10.000 nuevas estrellas y 42 nuevas nebulosas. Además, había que añadir constelaciones de nuevo cuño, dado que ni griegos, ni romanos, ni chinos ni mayas habían llegado tan abajo, y los aborígenes australianos tampoco ayudaron mucho.

Las constelaciones se usan, si no lo he mencionado todavía, para delimitar áreas del cielo, y no solo nos gustan por sus figuritas, que ahora nos importan más bien poco. Hay un total de 88 constelaciones (esto es, regiones) admitidas por la UAI desde 1930, y cubren toda la bóveda celeste. No son regulares, ni del mismo tamaño ni nada que se le parezca, porque muchas provienen de las figuras originales grecorromanas y otras pocas, como las del hemisferio sur, de épocas e ideas recientes.

El primer y más famoso atlas estelar es Uranometría, y data de 1603. Lo pintó un abogado alemán, Johann Bayer, que, a partir de las anotaciones de Tycho Brahe y las propias, agrupó las estrellas conocidas y cubrió casi todo el cielo: el hemisferio norte y doce asterismos del sur que se acababan de descubrir, además de introducir una nomenclatura sistemática para las estrellas. Pues bien, Lacaille fue el gran continuador y el principal constelador del hemisferio sur; hasta catorce de estos nuevos asterismos se los debemos a él.

Así que, gracias al descubridor de la binaria Alfa Centauri, tenemos en

el cielo las constelaciones Compás, Microscopio, Octante, Reloj y Telescopio, entre otras. Las viejas siguieron con sus nombres clásicos, pero si alguna vez me consultan yo cambiaría Orión por Cafetera. Y nadie que la haya mirado en un día cualquiera de invierno me llevará la contraria.

En 1763 se publicó póstumamente Coelum australe stelliferum, la gran obra de Lacaille, que nos dejó demasiado pronto, con solo 49 años. Su trabajo fue formidable, abarcando el cálculo de efemérides, nuevas tablas de eclipses, métodos de navegación basados en estrellas, los mencionados catálogos estelares

e incluso la revisión del radio de la Tierra.

Al final, las dos primeras estrellas descubiertas de Alfa Centauri giran entre sí cada ochenta años. La tercera y débil integrante del ballet cósmico (Próxima Centauri) se descubrió en 1915 también en Sudáfrica, y su cazador fue Robert Innes. Está un poco más cerca que sus hermanas (a unos 4,22 años luz), por lo que esta sí es, en efecto, nuestra estrella más cercana una vez descontado el Sol.

El británico Robert Innes llegó a discernir desde el Real Observatorio del Cabo más de 1600 estrellas binarias. Próxima Centauri es una estrella algo rara, del tipo fulgurante (normalmente poco luminosa, salvo periodos excepcionales), y pequeña. Su radio es 1/7 el solar o, lo que resulta más llamativo, solo 1,5 veces del tamaño de Júpiter, nuestro próximo protagonista. Además, tiene un interesante planeta descubierto el 24 de agosto de 2016 (y parece que un segundo hallado recientemente en 2019, aunque lejano y grande). Medidas recientes indican que es de un tamaño similar a la Tierra, solo un poquito mayor, pero gira muy rápido (en once días) y muy cerca de su estrella. Aunque está tan cerca, como la estrella está muy fría, entra dentro de lo posible que tenga condiciones de habitabilidad.

Así que, de momento, es el primer objetivo de la raza humana para salir del sistema solar. Supongo que en un viaje intergeneracional, puesto que, si partimos hacia allá a una velocidad pongamos que de unos 150.000 kilómetros/hora, tardaremos en llegar a nuestro destino unos 32.000 años. Antes se llega a Extremadura en tren, aunque no mucho.

Casi sin quererlo, he mencionado ya a Júpiter y aludido a cuestiones importantes, como los sistemas binarios —incluso nuestra querida y faraónica Sirio lo es, porque tiene una pequeña estrella enana blanca como compañera—, la evolución estelar y los exoplanetas. La cuestión

de los sistemas estelares binarios en astronomía es un tema frecuente, y la pregunta clave suele formularse así: ¿Es el sistema solar un sistema binario frustrado, en el que Júpiter quiso y no pudo? Pues bien, ahí van unos datos.

El primero es que la masa de Júpiter está compuesta principalmente de hidrógeno y helio (71 y 24 por ciento respectivamente). Su densidad es igualmente similar a la solar y, aunque tenga un radio diez veces menor que el Sol, esto no lo excluye como posible pequeña estrella. Los modelos teóricos con

los que juegan los astrofísicos especulan con que, si Júpiter tuviera 50 veces más masa, podría haber dado lugar a una enana marrón, y, si subimos a 75 veces la cantidad de masa, podría fusionar hidrógeno para convertirlo en helio y ser una pequeña estrella. Concretamente una enana roja, que es el tipo de estrella más pequeña y fría de la secuencia principal. Una manzanita estelar así no tiene un tamaño muy grande, apenas un 30 por ciento más que el actual radio de Júpiter.

Así que sí pudo haber sido, pero no llegó a brillar.

Y tampoco fue una enana marrón. Este curioso objeto estelar se queda a mitad de camino entre los grandes gigantes gaseosos —como Júpiter — y las enanas rojas, a las que sí se considera estrellas puesto que fusionan hidrógeno. Las enanas marrones no lo hacen, pero se cree que fusionan deuterio (un isótopo del hidrógeno que tiene un protón y un neutrón, y no solo el primero, como el hidrógeno), e incluso litio.

Te gustará saber —y a mí contarlo— que la primera enana marrón confirmada la descubrimos aquí al lado, en el Observatorio del Teide en 1994, en el telescopio IAC80, donde quito y pongo cámaras con cierta frecuencia. Los padres de la niña estelar conocida como Teide-1 son María Rosa Zapatero y Eduardo Martín, además de Rafael Rebolo, que los dirigía a ellos entonces y a todos nosotros ahora (es el actual director del Instituto de Astrofísica de Canarias —IAC—).

Que lo mencione aquí no implica subida de sueldo alguna para sus ingenieros, pero nunca está de más prever esta improbable cuestión.

Aunque Júpiter no brille como una estrella, ya explicamos que radia más calor del que refleja del Sol debido al proceso de Kelvin-Helmholtz, que lo contrae un par de centímetros al año. Si echamos la vista atrás, en sus inicios Júpiter fue mucho más caliente y tuvo aproximadamente dos veces su tamaño actual. Pero nadie lo vio

entonces, porque los babilonios tardaron en llegar (Marduk era nuestro amigo para ellos), a los chinos no se les entendía mucho (pero lo observaron al menos cuatro siglos antes de Cristo), y hubo que esperar a griegos y romanos, de donde toma su nombre actual como dios Zeus/Júpiter.

Históricamente Júpiter está asociado a Galileo y sus cuatro grandes lunas, aunque ya le han descubierto unos 79 satélites (la cifra es del año 2018, así que hoy serán unos cuantos más). La quinta luna también tiene un tamaño razonable, y fue localizada en 1892 por Edward Barnard desde el californiano Observatorio Lick. Se llama Amalthea, como una ninfa griega. Los libros dicen que es la última luna en ser descubierta con el sistema binario formado por el ojo desnudo

más un telescopio. Las más recientes se han localizado utilizando técnicas fotográficas clásicas primero, y después con dispositivos electrónicos, incluyendo los modernos CCD —Charge Coupled Devices — de los que algo tendré que decir en su momento, porque, aunque no te lo parezca, es de lo que más sé.12

Dejando de momento de lado el asunto del cuarteto de lunas, lo que más llamó la atención de los primeros observadores de Júpiter fue su famosa Gran Mancha Roja. Las primeras anotaciones son de Robert Hooke y Giovanni Cassini (en 1665), y el primer dibujo detallado lo hizo el observador de manchas solares Heinrich Schwabe ya en 1831.

Giovanni Cassini también advirtió que Júpiter tenía una rotación diferencial, es decir, que unas partes se movían más rápidamente que otras, por lo que dedujo que no era un planeta sólido. Y dijo que era ligeramente achatado, siendo el diámetro de su ecuador su máxima dimensión (en números de hoy: 142.984

kilómetros). El día joviano es muy rápido, dura menos de diez horas (9 horas y 56 minutos), así que fácilmente se distinguen los movimientos de las bandas horizontales y la propia Gran Mancha Roja al sur del ecuador, tan grande que cabe la Tierra dentro. Gira en sentido contrario a las bandas de nubes, con un período de seis días, y es, simplemente, una enorme tormenta permanente.

Desde que comenzó a observarse y medirse, ha disminuido muchísimo su tamaño. Alrededor del año 1800 tenía unos 41.000 kilómetros de longitud, pero hoy apenas alcanza los 16.500. Es decir, que a este paso pronto desaparecerá. No te apenes, porque ya se han observado otras tormentas y vórtices en la superficie joviana, así que habrá relevo

seguro. Por otra cosa no será, pero turbulencias atmosféricas en Júpiter las hay a miles. Si alguna vez tienes que tomar un avión hacia allí, no olvides abrocharte bien el cinturón de seguridad, mantener la bandeja plegada y el respaldo del asiento en posición vertical hasta que se apague la luz roja, lo que no ocurrirá por más que le reces a Zeus.

Nuestro próximo invitado es el napolitano Giovanni Borelli, un matemático, médico y astrónomo coetáneo de Galileo, al que conoció en 1640 en Florencia, poco antes de morir. Borelli estaba muy interesado en las órbitas planetarias, y creía que los planetas se movían como el resultado conjunto de tres fuerzas: la primera era su propia querencia al Sol; la segunda, que eran impulsados por la luz del propio Sol, luz a la que consideraba corpórea —ojo con este detalle en

principio intrascendente—, y la tercera era una fuerza causada por las propias revoluciones solares. Imaginaba a los planetas unidos por una especie de «cuerda de luz» al Sol, girando igual que lo hace una piedra. Borelli, que fue rechazado por Galileo para ocupar su puesto de matemático en la Universidad de Pisa (lo obtuvo finalmente en 1656), observó con minuciosidad los satélites de Júpiter, tanto que Newton lo nombra en sus Principia. Lo que hacía Borelli era calcular las tablas de sus movimientos, para así predecir cuándo alguno de los cuatro pasaría por delante o por detrás del gigante gaseoso. En 1670, estando Júpiter en el lado opuesto al Sol visto desde la Tierra…, los satélites salieron 17 minutos más tarde de lo esperado.

Y es que los satélites de Júpiter eran muy interesantes por una razón poco astronómica. En cartografía y navegación, es relativamente sencillo calcular la latitud (midiendo el Sol de día, observando las estrellas de noche), pero calcular la longitud es endiabladamente complicado. Galileo propuso un método tan ingenioso como enrevesado: usar sus recién descubiertos satélites jovianos como una especie de reloj cósmico. El método en sí era bueno, aunque no mejoró la precisión de los relojes mecánicos de la época (hubo que esperar hasta el relojero John Harrison y sus exitosas máquinas un siglo después para obtener valores fiables de la longitud) y, además, no era muy práctico observar Júpiter y sus lunas a bordo de un barco.

En esas estábamos cuando apareció Ole Romer, un astrónomo danés con casi tanto ingenio como Tycho Brahe. Ole Romer, junto con el francés Jean Picard, observó en 1671 hasta 140 eclipses (o pasos por detrás) de una de las lunas de Júpiter, Ío. Mientras Romer y Picard medían en Uraniborg —sí, en la isla de Ven, en lo poco que quedaba del observatorio del añorado Brahe—, el ubicuo Giovanni Cassini

haría lo propio desde París. La idea era comparar la diferencia de tiempo entre los eclipses de Ío en ambas ubicaciones para derivar la diferencia de longitud geográfica entre París y la isla de Ven.

Curiosamente, los tiempos variaban con las posiciones relativas de los planetas, como si la luz tuviera una velocidad finita —y así era—. Más o menos vieron que a la luz le costaba recorrer entre diez y once minutos la mitad de la órbita terrestre. Cassini luego renegó de la idea (pensaba que la luz era instantánea), pero Romer no se bajó del burro. Aunque no llegó a dar una cifra de la velocidad de la luz, sí que lo hizo después el holandés Christiaan Huygens, que calculó un valor aproximado de 212.000 kilómetros/segundo. Lo que no está nada mal para la época.

Otro astrónomo francés, Jean Baptiste Delambre, calculó en 1809 que la luz tarda desde el Sol a la Tierra un tiempo igual a 8 minutos y 12 segundos, lo que equivale más o menos a nuestro valor conocido de 300.000 kilómetros/segundo.

La cifra actual de la velocidad de la luz en el vacío es de 299.792,458

kilómetros/segundo. Y eso que parecía que los satélites de Júpiter no iban a servir de mucho, pero ya ves. Ayer fui a la playa y tardé en quemarme unos ocho minutos, así que ahora ya sabes la razón principal, además de la habitual, de olvidar el protector solar.

Júpiter actúa como una especie de látigo gravitatorio, así que por allí cerca han pasado unas cuantas sondas espaciales camino de los planetas y cuerpos exteriores del sistema solar. Y ya que pasaban por ahí, se hicieron algunas fotos con él.

La primera pareja de famosas sondas que ya han salido de nuestro vecindario son las Pioneer, que se acercaron a Júpiter en 1973 y 1974 (la Pioneer-2 llegó a una distancia tal que se encontró a solo 34.000 kilómetros de sus nubes), enviando las primeras fotografías detalladas del gigante.

Luego fueron las Voyager, en 1979, que además estudiaron con más detalle los interesantes satélites jovianos. Las dos Voyager descubrieron un débil sistema de anillos en Júpiter, y también se llevaron algunas sorpresas, como la enorme actividad volcánica de Ío. Hasta esa fecha solo se sabía que en la Tierra hubieran volcanes activos.

Además, Europa presentaba un aspecto completamente diferente al resto y compatible con la existencia de agua líquida, lo que convierte

a esta luna joviana en objetivo primario en la búsqueda de algún tipo de vida fuera de la Tierra, aunque la radiación en su superficie es demasiado alta.

El gran Ganímedes (la luna más grande de todo el sistema solar, mayor incluso que Mercurio) es el único satélite con campo magnético propio, y Calisto presenta un aspecto similar a Mercurio y a la Luna, lleno de cráteres de impacto.

Otras sondas, como la Cassini (2000), camino de Saturno, y la New Horizons (2007), camino de Plutón, también se han acercado a Júpiter, obteniendo valiosos datos.

Sin embargo, solo dos sondas han ido a estudiar Júpiter específicamente y se han

colocado con muchas dificultades en su órbita. La primera fue la Galileo, que lo orbitó desde 1995 hasta 2003. La Galileo volvió a enviar precisa información de las cinco lunas principales jovianas, incluyendo ya a Amalthea, pero el fallo en el despliegue de su antena de transmisión de alta ganancia hizo que mucha información no pudiera llegar hasta nosotros. Liberó una sonda hacia el interior del planeta (que no sabemos dónde empieza ni dónde acaba, puesto que no parece haber una transición clara entre la parte gaseosa, la líquida y la supuestamente sólida interna de Júpiter), y esta envió datos durante casi una hora antes de enmudecer. La propia Galileo se suicidaría de forma similar al final de su misión.

Actualmente se encuentra en Júpiter la sonda Juno (de la NASA, como todas las anteriores), girando alrededor del planeta en una órbita polar elíptica muy excéntrica. De menor coste y operada únicamente por sus paneles solares —a diferencia de la Galileo y otras sondas de largo recorrido, que utilizan los habituales generadores termoeléctricos de radioisótopos (RTG)—, su misión termina en 2021, si no vuelve a extenderse. La próxima misión a Júpiter será europea, la JUICE —Jupiter Icy Moon Explorer—, que espera ser lanzada en 2022 para llegar al gigante gaseoso en 2030.

Creo que ya solo nos queda por echar un vistazo a Saturno, el sexto planeta contando desde el Sol y el segundo gigante gaseoso tras Júpiter, del cual es su padre mitológico. Saturno es el hermano pequeño de Titán, pero este le cede su reino con la condición de que no criara hijos. Así que, una vez casado con Rea, Saturno los devoraba, como bien representó Francisco de Goya en una de sus más famosas pinturas negras; por más que la mires, no deja de

impresionar. Así que Rea ocultó a sus hijos Júpiter, Neptuno y Plutón. El resto de la historia mitológica lo dejo a tu curiosidad, pero es bastante entretenida.

Sin embargo, hoy nos referimos a Saturno de forma mucho más amable que la pintada por Goya y es que, desde que en 1954 J. R. R. Tolkien publicara El Señor de los Anillos, esta denominación ha quedado indisolublemente asociada a Saturno. Claro que los antiguos griegos no sabían nada de que el planeta tuviera anillos. Pero tampoco la novela de Frodo Bolsón y sus amigos tiene mucho que ver con la astronomía.

Los nombres que sí están ligados íntimamente a Saturno desde la invención del telescopio son los de los astrónomos Christiaan Huygens y Giovanni Cassini.

Los he ido citando por variadas razones, pero ha llegado su momento estelar.

Huygens propuso en 1655, después de que Galileo especulara con la forma triple del planeta, que Saturno estaba rodeado por un anillo sólido que no lo tocaba.

Usando un telescopio refractor de cincuenta aumentos, descubrió al mitológico hermano mayor de Saturno, Titán, que en la cuestión astronómica se relegó a satélite: el más grande con diferencia de Saturno y el segundo del sistema solar tras el joviano Ganímedes. El nombre no se lo puso Huygens, sino John Herschel (el hijo de William, que había descubierto un par de lunas más de las que ya se conocían: Mimas y Encélado, allá por 1789).

Las otras cuatro de las grandes lunas de Saturno (Jápeto, Tetis, Dione y Rea) las descubrió Cassini. John Herschel compiló todos los nombres de los principales satélites de Saturno, además de los de Urano, en 1847, tal y como los conocemos hasta la fecha. Un año después, William Cranch Bond y William Lassell descubrieron Hiperión, la octava luna. Saturno es el planeta con más satélites, hasta 82 reconocidos (y solo 53 tienen nombre, y es que nadie parece haber tomado el relevo de John Herschel), y un sinfín de lunas menores que orbitan entre los anillos y tienen unos pocos kilómetros de diámetro.

Los anillos son la seña de identidad de Saturno. Si uno ofrece un pequeño telescopio para crear afición —sobre todo, en una noche clara de verano—, enseguida te pedirán que apuntes a Saturno. Júpiter no parece tan interesante para los curiosos ocasionales, y

mucho menos Marte.

Hoy sabemos que los anillos van desde los 6630 kilómetros (Saturno tiene un diámetro ecuatorial de unos 120.000) hasta los 120.700 kilómetros, pero tienen un grosor casi inverosímil de solo veinte metros. Están formados principalmente de hielo y trazas de materiales como carbón amorfo, además de algún que otro exótico compuesto. Las partículas que forman los anillos son muy pequeñas, varían desde el mísero polvo hasta diez metros como mucho. Aunque la idea de anillos se la debemos a Pierre-Simon Laplace (alrededor de 1787), hay muy pocos huecos entre ellos, así que viene mejor referirnos a estos como una especie de discos anulares, con diferentes brillos y densidades. En 1675 Giovanni Cassini distinguió la primera separación entre estos discos. La División de Cassini tiene unos 48 kilómetros de ancho y separa el anillo A del B.

Hoy se distinguen unos doce anillos y muchas estructuras internas. El último de ellos es el más extraño, y recibe el nombre de anillo Phoebe; está muy separado del resto, a unos doce millones de kilómetros, e inclinado 27º respecto a estos.

Es prácticamente invisible, salvo en el rango infrarrojo (fue descubierto por el telescopio espacial Spitzer), pero aloja al satélite Phoebe, que fue localizado el 17 de marzo de 1899 en una placa fotográfica tomada por William Henry Pickering, otro pájaro del que hay mucho de qué hablar. Es una formación rocosa bastante irregular llena de cráteres de impacto.

Phoebe (o Febe) era el noveno satélite de Saturno descubierto. Aunque Pickering clamó haber descubierto una décima luna unos años después (Themis, en 1905), resultó ser un error. El décimo satélite ya es moderno —Janus—, y no fue descubierto hasta 1966, por el francés Audouin Dollfus. Como curiosidad, comparte órbita con el satélite número once, Epimeteo, descubierto poco después por Richard Walker. Como son dos pequeños satélites muy similares en masa y tamaño, y orbitan de forma pareja (solo hay cincuenta kilómetros de separación orbital), dieron lugar a un sinfín de confusiones y hoy son uno de los fenómenos más curiosos de observar, puesto que intercambian sus órbitas cada cuatro años. Esto no pasa en todo el sistema solar y su comportamiento se utiliza para algunos cálculos y modelos del famoso y complicadísimo Problema de los tres cuerpos, en los que se incluye al propio Saturno, lógicamente.

Como en el caso de Júpiter, la mayor parte del gigante gaseoso Saturno es hidrógeno (96 por ciento) y helio (3 por ciento) en su gran

atmósfera. Es el planeta menos denso (apenas 0,687 g/cm^3) por lo que suele decirse que flota en el agua. Es una exageración, ya que no hay suficiente agua líquida en todo el sistema solar como para llenar la gigantesca y necesaria bañera ni de lejos. Esa baja densidad hace sospechar que su núcleo sólido, si lo tiene, sea pequeño. Y

también hace que su forma sea la más achatada de todos los planetas: el diámetro ecuatorial es un 10 por ciento mayor que el polar. Su masa es 95 veces la terrestre y, si la juntamos con la de su hijo Júpiter, suman el 92 por ciento del total de todos los planetas. También, como le ocurre a Júpiter, radia más energía de la que recibe del Sol, por el famoso mecanismo de Kelvin-Helmholtz, aunque Saturno ni de lejos pudo haberse convertido en estrella.

Otra curiosidad de Saturno son sus polos. El vórtice del sur parece el ojo de un huracán, pero el del norte es perfectamente hexagonal. Cuando la sonda Voyager envió imágenes de este, los asombrados astrofísicos plantearon dos explicaciones: que hubiera enormes abejas construyendo panales en Saturno, o que la atmósfera era capaz de crear ese patrón con algún tipo de ondas estacionarias. Parece que la segunda opción es la más apropiada, y ya han conseguido replicarse modelos de patrones hexagonales con fluidos en

movimiento en un par de laboratorios de Dinamarca y el Reino Unido. Respecto a su traslación, Saturno gira en su órbita solar en unos 29,5 años, y rota alrededor de sí mismo en unas 10,5 horas más o menos.

La investigación de Saturno desde el espacio comenzó con el sobrevuelo de la sonda Pioneer-11, que se acercó a unos 20.000 kilómetros del Señor de los Anillos en septiembre de 1979. Las imágenes que envió no fueron muy buenas.

Sin embargo, las enviadas por las hermanas Voyager sí lo fueron. En noviembre de 1980 la primera de ellas transmitió datos e imágenes con gran detalle del planeta, sus anillos y sus lunas. Como ya se sabía que Titán tenía una atmósfera más que decente —de hecho, es la única luna en todo el sistema solar con una atmósfera suficientemente densa, formada principalmente por nitrógeno—, los controladores de la misión decidieron acercarse al satélite desviando a la Voyager-1 de la ruta prevista de Urano y Neptuno, que completaría su hermana la Voyager-2. Sin embargo, aunque los resultados prometían, la atmósfera era impenetrable a la luz visible y no pudo ver mucho.

Pero otro gallo cantó con la formidable misión conjunta NASA-ESA denominada, como no podía ser de otra forma, Cassini-Huygens. El

orbitador llevaba el nombre del italiano, y la pequeña nave que terminó aterrizando en Titán, el del ingenioso astrónomo holandés. El Cassini llegó a Saturno en julio de 2004 tras casi siete años de viaje y, después de cinco meses más buscando un buen sitio para aparcar, en diciembre soltó a Huygens. La sonda se posó en su superficie de forma automática (su intercambio de señales con la Tierra tardaba en llegar más de setenta minutos) el 14 de enero de 2005, con un éxito sin precedentes. Jamás se había conseguido posar un ingenio humano en un lugar tan lejano, y la avalancha de datos e imágenes tomados en Titán durante los noventa minutos que transmitió fue enorme (y eso que se perdieron la mitad, ya que uno de los dos canales de radio no funcionó). La Huygens aterrizó en un erial helado, desértico y pedregoso, pero pudo confirmar la existencia de lagos de hidrocarburos líquidos (etano y principalmente metano) en el satélite. El Cassini continuó orbitando hasta su último contacto, en septiembre de 2017, fecha en la que el buen señor Saturno terminó por devorarla sin compasión.

Antes hizo pasadas milagrosas (lo que los técnicos llamaron pomposamente El Gran Final) entre los propios anillos internos y la superficie del planeta, enviando imágenes asombrosas.

XII

La luz al principio del túnel

Una vez que todos admitieron que el Sol era una estrella y estaba en el centro del sistema planetario, había que resolver todavía unas cuantas preguntas.

Normalmente, en las cosas de la ciencia cuando se cierra una cuestión se abren dos, y en astronomía suelen aparecer cuatro o seis. Te sorprenderás cuando termines este libro de la cantidad de cosas que no sabemos todavía, de lo mucho que queda por recorrer hasta llegar a una meta que, como pasa en el universo, cada vez parece estar más lejos. El conocimiento no deja de ser inflacionario, se extiende, pero no se acaba.

Una de estas cuestiones pendientes eran las nebulosas de Messier y Herschel. Ya se sabía que no todas eran iguales, e incluso admitían una cierta clasificación según su aspecto. Así, Herschel, en libros como el Catalogue of one thousand new nebulae and clusters of stars, de 1786, ya era bien explícito en que había unas mil nebulosas y agrupaciones o clústeres de estrellas —luego vendrían otras tantas más—. Herschel ya distinguía entre grupos compactos de estrellas

débiles y brillantes, y grupos de estrellas esparcidas. Lo que en esencia hoy llamamos cúmulos cerrados (como los globulares) y cúmulos abiertos de estrellas, como por ejemplo las preciosas Pléyades.

Por aquella época ya había quien empezaba a dar palos de ciego con cierto criterio. Tal vez el primero fuera el inglés Thomas Wright, quien en 1750

publicó el libro An original theory or new hypothesis of the Universe, en el que postulaba que nuestra Vía Láctea —la enorme banda estelar que vemos cruzar nuestro cielo— era un efecto óptico debido a nuestra inmersión en la misma, y que localmente estábamos en el centro de un disco plano lleno de estrellas.

A una conclusión parecida llegó Herschel con mucho más fundamento, colocando sobre un papel los miles de estrellas que había catalogado con paciencia y cariño junto a su hermana. Allá por 1785 Herschel dibujó el primer

modelo de la Vía Láctea. Cuidadosamente contó estrellas aquí y allá, y encontró aproximadamente el mismo número según su magnitud en todas las direcciones, así que supuso —erróneamente, porque la magnitud no indica la distancia— que el Sol estaba en el centro de la Vía Láctea. En la práctica, este modelo plano de nuestra galaxia extendía el heliocentrismo más allá del sistema solar, aunque en lugar de haber una esfera de estrellas fijas aristotélicas, ahora teníamos un enorme disco de ellas. Pero seguíamos en el centro de todo, como Dios manda.

Tanto Wright como el filósofo Immanuel Kant pensaban que las difusas nebulosas eran también universos en sí mismas, aislados del nuestro, y que contenían muchos sistemas estelares. Pero no dejaba de ser una idea porque no había manera de observarlo con los telescopios de entonces, por mucho que se esforzara Herschel en limpiar, pulir y dar esplendor a sus espejos como si fuera un académico de la RAE.13 El modelo de la Vía Láctea de William Herschel era, de todas formas, lo suficientemente bueno como para permanecer casi sin cambios durante siglo y medio, con solo unos pequeños ajustes.

Uno de los primeros astrónomos que mejoró el antiguo modelo de Herschel fue el holandés Jacobus Kapteyn. Estás viendo que hay muchos astrónomos holandeses en esta larga historia, empezando por los supuestos inventores del telescopio. Ignoro la razón de esta devoción en un país tan pequeño, pero no dejo de aplaudirla con las orejas. El caso de Kapteyn tal vez nos dé una pista. Los Kapteyn eran

quince hermanos y la mayoría de ellos terminó estudiando matemáticas y física. Jacobus envió a sus dos hijas a un colegio masculino para mejorar su formación, y ambas acabaron en la universidad estudiando Derecho y Medicina. Y estamos hablando de finales del siglo XIX, cuando en el resto de los países, como en España, las mujeres estaban con la pata quebrada en su casa pariendo retoños un año sí y otro también. Es en esos años (1896-1900) cuando Kapteyn pidió su traslado como profesor de Astronomía a Sudáfrica, donde completó una obra colosal con las posiciones y magnitudes de 454.875 estrellas del hemisferio sur. No sé hasta dónde habría llegado si hubiera tenido a mano una simple hoja Excel.

Uno de los asuntos que interesaban a Kapteyn era el movimiento propio de las estrellas. En 1897 descubrió la llamada en su honor Estrella de Kapteyn, que tuvo el récord olímpico de movimiento estelar hasta que Edward Barnard descubrió la suya en 1916. Pero había más. Herschel ya había anotado que el Sol no se estaba quieto, y que también se movía en dirección a una estrella en la constelación de Hércules, errando en sus cálculos solo por diez grados respecto

al valor actual. Kapteyn vio que las estrellas seguían un patrón en su movimiento, que no era otro que la rotación. Descubrió que las estrellas más lejanas giraban más rápido que las cercanas una vez que analizó no solo su magnitud aparente, sino también su tipo espectral, su velocidad radial y el movimiento propio. Pero el Sol seguía estando cerca del centro del disco estelar

—disco que ya era más bien una elipse—. Esa fue la teoría más aceptada hasta los años 1918-1920, en que un tal Harlow Shapley cambió el modelo.

Shapley era un modesto hijo de granjeros en Misuri, donde no pasó de la escuela elemental. Trabajó muchos años como periodista local —escribía las crónicas de sucesos— y más tarde abrió una pequeña librería, donde leía todo lo que compraba, que era mucho. Era de los que prueban el producto antes de venderlo, y lo hacía con voracidad. Así que completó los seis años de secundaria en poco más de uno para poder entrar en la universidad. Cuando en 1907 iba a matricularse en Periodismo, se encontró la facultad cerrada por un año, así que se apuntó en lo primero que había. En lo segundo, realmente, porque fue incapaz de pronunciar «arqueología». La segunda carrera en la lista era astronomía.

Tras licenciarse en Misuri fue a la famosa Universidad de Princeton, en la que trabajó en determinar las distancias a las que se encontraban

los cúmulos globulares de estrellas. Al hacerlo descubrió que estaban mucho más lejos de lo que se pensaba, que la propia Vía Láctea era mucho mayor que lo que todo el mundo creía y, además, que el lugar del Sol dentro de la misma era uno cualquiera. Corrigió a Kapteyn, ya que las estrellas giraban en torno a un punto alejado unos 50.000 años luz de la posición del Sol. Abandonábamos el heliocentrismo y estrenábamos un nuevo concepto, que se llamaría algo así como galactocentrismo.

Y ahora, antes de seguir con el gran Shapley, es necesaria una pausa obligada. Ya intuirás por qué. ¿Cómo supo Harlow Shapley a qué distancia se encontraban los cúmulos globulares? Pues porque había gran cantidad de cefeidas en ellos. Y

¿qué es una cefeida? Una estrella maravillosa que nos indica a qué distancia está, cerrando el bucle del razonamiento.

El descubrimiento de la primera cefeida se lo debemos al astrónomo John Goodricke en 1784, precisamente en la constelación de Cefeo, de donde deriva su nombre. Goodricke, además de holandés como tantos otros, también era completamente sordo y dedicó su corta vida —murió con veintidós años— a

estudiar las fluctuaciones en el brillo de algunas estrellas. Pero lo que hace especiales a las estrellas variables cefeidas lo descubrió una mujer extraordinaria que, pásmate, también era sorda. No hay correlación conocida entre sordera y estrellas variables, pero sí la hay entre el brillo absoluto y el período de luminosidad de las cefeidas. Es lo que descubrió Henrietta Swan Leavitt.

Henrietta Leavitt es, tal vez, la mujer cuyo descubrimiento más ha impactado en la astronomía moderna. Aunque tenía estudios superiores —se graduó en una facultad para mujeres con que contaba Harvard—, su carrera se truncó por una grave enfermedad que le causó la sordera. Con esta minusvalía, añadida al hecho de ser mujer, no tuvo otra opción que entrar a trabajar en 1893 en el conocido jocosamente como «harén de Pickering», más educadamente denominado como el grupo de «computadoras de Harvard». Edward Pickering era un reputado astrónomo que dirigía el Observatorio de Harvard. Allí había mucho trabajo por hacer, como analizar miles de placas fotográficas con imágenes y espectros tomados, entre otros, por Henry Draper, el gran pionero de la astrofotografía. A Pickering se le ocurrió contratar a mujeres para el tedioso trabajo de clasificar los datos astronómicos. La primera fue su propia sirvienta, Williamina Fleming, que, además, hacía el papel de gobernanta, por decirlo de

alguna manera. Y

luego aumentó la plantilla con mujeres más cualificadas, pero igualmente mal pagadas, ya que trabajaban seis días a la semana y cobraban 25 centavos de aquella época a la hora, «más que un obrero, pero menos que un clérigo».

Así llegaron después Annie Jump Cannon (también sorda, suya es la base del método actual de clasificación estelar basado en la temperatura), Antonia Maury, Anna Winlock y nuestra protagonista, Henrietta Swan Leavitt, entre otras muchas, a las que hay que añadir el nombre de Mary Anna Palmer, que era la viuda de Draper y lo pagaba casi todo además de trabajar como una más. Años más tarde, también la valiosa Florence Cushman. El trabajo de este singular grupo dio lugar al Catálogo Henry Draper, que contenía más de 10.000 estrellas clasificadas ya por su espectro, y que es la base de los actuales. Por supuesto, el mérito y la autoría fueron de Pickering.

Leavitt observó el patrón de comportamiento de veinticinco cefeidas en nuestra galaxia próxima, la Pequeña Nube de Magallanes, que entonces se consideraba, como todo, parte de la Vía Láctea. Cuanto mayor era su brillo, más rápido palpitaban. Como todas estaban a la misma distancia relativa, solo había que medir el periodo de otras cefeidas en otros lugares para obtener su brillo absoluto. Con tener una referencia de distancia válida, obtenida por el método

del paralaje estelar en cefeidas cercanas, el asunto estaba resuelto. Pickering publicó estos resultados como suyos en 1912, aunque incluyó una nota de agradecimiento a Miss Leavitt. Y con eso y el sueldo de 25 centavos, entendió que era más que suficiente.

El 26 de abril de 1920 ocurrió un evento estelar. Pero esta vez no fue una conjunción planetaria, ni un cometa, ni un eclipse ni nada por el estilo. En esa fecha tuvo lugar el Gran Debate. En el Museo Smithsoniano de Historia Natural de Washington se vieron las caras nuestro amigo Harlow Shapley, y el igualmente prestigioso astrónomo estadounidense Heber Doust Curtis. Ambos eran expertos en muchas cosas, sobre todo en nebulosas, y el eje central del debate era, simplemente, cuál era el tamaño del universo.

En la jornada matinal cada uno tenía que defender su postura en sendas conferencias, y por la tarde habían de debatir cara a cara. Por supuesto, la flor y nata de la astronomía estadounidense se dio cita allí, tomando partido por uno u otro. En primer lugar, Shapley argumentó que la Vía Láctea era todo el universo.

La principal controversia en el debate radicaba en qué cosa eran las nebulosas espirales. Shapley decía que eran parte de la Vía Láctea, pero nada parecido a esta, y en su apoyo habló el también prestigioso astrónomo Adriaan van Maanen, el enésimo holandés de estas páginas, aunque afincado en Estados Unidos.

Van Maanen estaba especializado en medir las dichosas nebulosas espirales, y afirmaba que el movimiento de sus brazos tenía un período de unos 100.000

años. Si fueran similares en tamaño y composición a la Vía Láctea —como defendían sus oponentes, que terminaron imponiéndose poco después—, su velocidad de rotación sería mayor que la velocidad de la luz, lo que era de todo punto imposible (y más estando las teorías de Albert Einstein en plena ebullición).

Por su parte, Curtis abogaba por la teoría de que las extrañas nebulosas espirales eran, en efecto, galaxias separadas de la nuestra, la Vía Láctea, situadas a enormes distancias. Una de las pruebas que aportó fue que, en nuestra vecina nebulosa de Andrómeda, había más estrellas novas que en nuestra propia galaxia, lo que tampoco entraba en la lógica de que Andrómeda fuera una pequeña parte de nuestro universo local. Pocos años después, las observaciones de Edwin Hubble —nuestro próximo héroe— desde el observatorio de Monte Wilson zanjaron el debate casi definitivamente. El principal argumento del

equipo formado por Shapley y Van Maanen era erróneo.

El holandés había realizado medidas de rotación en la nebulosa M101 (el objeto 101 del catálogo Messier), también llamada galaxia del Molinete, pero para hacerlo había comparado placas fotográficas antiguas tomadas con diez y veinte años de diferencia. Y las supuestas variaciones entre las mismas eran debidas a efectos ópticos, especialmente en las estrellas más débiles en los bordes de las placas. Así que imaginó movimientos donde no los había. Desgraciadamente, este buen holandés erró lo mismo que el defensor de Iniesta en la final del Mundial de Sudáfrica. Otro holandés errante, perdóname la tontería.

A pesar de la derrota, Harlow Shapley siguió desarrollando una gran actividad.

En la época del debate ya trabajaba en Monte Wilson —luego se rindió a los hallazgos de Hubble—, y poco después del mismo reemplazó al

famoso Edward Pickering al frente del Observatorio de Harvard, cuando este falleció en 1919.

Pero no heredó su harén, que al menos continuó funcionando hasta 1940 bajo la tutela de una de sus astrónomas más reputadas, Annie Jump Cannon. Como director del observatorio, tendría el honor de dirigir a dos de los jóvenes científicos que marcaron la astronomía del siglo XX. Por una parte, acogiendo a la ya mencionada y marginada Cecilia Payne, y, por otra, en 1924, revisando los trabajos sobre nebulosas de un brillante y desconocido matemático belga que revolucionó la teoría del origen del universo: Georges Lemaître. Que, para más inri, resultó ser sacerdote. Confiar parte de sus importantes investigaciones a una mujer y a un cura dice mucho de la mente abierta de Shapley.

Edwin Hubble estaba llamado a ser uno de los astrónomos más importantes de la historia. De su gloria guarda recuerdo una de las obras maestras de la ingeniería humana, el telescopio espacial que lleva su nombre y que, hasta la fecha, sigue siendo el más potente de cuantos tenemos en funcionamiento. Luego hablaré de este prodigio, pero primero nos centramos en el hombre que le dio su apellido, esa «gran masa de ego» como, creo que injusta pero divertidamente, lo define Bill Bryson. Y aunque Bryson es una obligada y habitual lectura de cabecera, y a todos nos gustaría divulgar como él, me parece que juntar en un par de páginas calificativos como embustero, presumido, cobarde o mujeriego es pasarse un par de pueblos. Se le puede perdonar, porque Bryson es un periodista sensacional, pero respecto a Hubble casi se vuelve sensacionalista. Ello no quita para que recomiende vivamente su lectura, si es que no lo has hecho ya.14

Hubble nació en 1889 en una pequeña población en Misuri, aunque pronto se mudó a Illinois, a un suburbio de Chicago. De niño destacó muy pronto, pero no tanto por su inteligencia —o, como les gusta decir ahora a los maestros, «altas capacidades»—, sino porque era un deportista fuera de serie. Dominaba todos los deportes y todas las disciplinas —Bryson ocupa casi una página para detallarlas—, pero podemos resumirlo en que, hasta la llegada de Michael Jordan a los Bulls, no habían visto en Chicago a nadie como él. En la universidad no estudió Astronomía a pesar de su temprana afición, sino Derecho, empujado por su padre para ser abogado, y, solo al morir este, el joven Hubble pudo dedicarse a lo que le apasionaba. Se doctoró en Astronomía en 1917, en Yerkes, uno de los mejores observatorios estadounidenses de la época. La Primera Guerra Mundial interrumpió su carrera pues se alistó como voluntario y marchando a Europa, de donde volvió sin pegar un solo tiro, pero convertido en un auténtico

gentleman tras pasar tanto por la Universidad de Oxford como por la de Cambridge. No hay constancia de que participara en las regatas, si es que te lo estás preguntando.

Sus formidables contribuciones científicas arrancan en 1919, cuando se incorpora como astrónomo al observatorio de Monte Wilson, donde acababa de instalarse el mayor telescopio del mundo de la época, el telescopio Hooker, una preciosidad de 2,5 metros de diámetro en su espejo primario y que aún funciona.

Con este inesperado regalo, Hubble identifica nuestras queridas cefeidas en la nebulosa de Andrómeda (luego sube en rango a galaxia) y en otras galaxias espirales. En 1924 ya Hubble había probado que, como sospechaban Heber Doust Curtis y algunos otros astrónomos del debate de 1920, las galaxias están demasiado lejos como para ser parte de la Vía Láctea. El universo es inmensamente más grande de lo que ningún ser humano había pensado hasta entonces. La galaxia de Andrómeda, según los cálculos de Hubble, estaba a unos 900.000 años luz de la nuestra, y tenía un tamaño aproximado de 100.000 años luz. Y era la más cercana. Del resto, ni contarte.

Con este primer descubrimiento hubiera bastado para hacer famoso a Hubble, aunque no para darle el Nobel porque en aquella primera época se concedía a físicos, pero no a astrónomos, vete a saber por qué extraña razón esa diferencia.

Sin embargo, tener entre las manos un telescopio de la potencia del Hooker era como tener el santo grial. La primera cuestión, el tamaño del universo, parecía resuelta. Era enorme y siempre nos quedaremos cortos con su tamaño. La segunda cuestión que intrigaba a los astrónomos era su edad. Muchos, la mayoría, creían firmemente que el universo era eterno, que no tenía un origen ni

un final y, por lo tanto, no tenía sentido hacerse esa pregunta. Sin embargo, Hubble sí se la hizo. Y para contestarla echó mano del descubrimiento de un tal Vesto Slipher.

Slipher fue un astrónomo estadounidense que toda su vida trabajaría en el Observatorio Lowell. Que no hubiera marcianos ni planeta-X no quiere decir que no fuera, o que sea, un excelente observatorio. Cuando en 1912 estaba observando los espectros de las manidas galaxias espirales en rotación, se dio cuenta de que sus líneas de absorción —sí, aquellas de Fraunhofer de las que espero no te hayas olvidado— se movían hacia la parte roja del espectro. Es lo que comúnmente se denomina «corrimiento al rojo» o, en inglés, redshift.

Este efecto es similar al efecto Doppler en el sonido, un cambio en la frecuencia aparente de una onda con relación a un observador en movimiento relativo con la fuente de dicha onda. En astrofísica, este cambio en la frecuencia de la radiación electromagnética significa, simplemente, que la fuente que la emite se está moviendo. Y este desplazamiento depende, lógicamente, de la velocidad a la que lo hace. Además de Vesto Slipher, también otros astrónomos espectroscopistas como James Keeler y William Campbell habían reportado este efecto.

Con estas herramientas usadas de forma conjunta —cefeidas y redshift —, solo hacía falta echar horas y noches observando objetos para calcular la relación entre su posición y la velocidad relativa. También un buen ayudante, una auténtica mula de carga para descargar sobre él las pesadas y tediosas tareas. Y

eso era exactamente Milton Humason, al que pocas veces se cita junto a Hubble en este descubrimiento que estoy a punto de contarte.

Humason era un humilde porteador, un sherpa americano. No tenía sino estudios básicos y se ganaba la vida subiendo y bajando cosas al Monte Wilson.

Normalmente con mulas, porque no había otra cosa mejor en aquella época.

Aunque pienses que esto es de la prehistoria, no lo es ni mucho menos. Si tienes la ocasión de ver las primeras fotografías del actual Observatorio del Teide, verás las mulas y los muleros con el director fundador —el profesor Francisco Sánchez— vigilando para que el frágil material llegara completo hasta la cumbre. Humason se convirtió de mulero a astrónomo de forma accidental. Por supuesto que es recomendable pasar por la universidad —y que la universidad pase por ti—, para practicar la astrofísica, pero hay casos que se salen de lo que es habitual, y Humason fue esa excepción.

Una noche el operador de uno de los telescopios de Monte Wilson enfermó y alguien le pidió el favor. Lo hizo tan bien que repitió y terminó formando parte de la plantilla. Cuando Hubble llegó al observatorio, ya Humason era uno de los más hábiles operadores del nuevo telescopio. La habitual imagen de Edwin Hubble, pipa inglesa en mano, mirando a través del telescopio Hooker era, posiblemente, poco habitual. Humason realizaba las tareas más complicadas de manejo del entonces enorme aparato. En la práctica, Hubble y Humason fueron grandes amigos y a menudo publicaron

conjuntamente.

Las medidas de las distancias y velocidades radiales realizadas sobre unas veinticuatro nebulosas extragalácticas en 1929 llevaron a Edwin Hubble a dos conclusiones inesperadas. La primera, que (casi) todas las galaxias se alejan de nosotros. Y la segunda, la más increíble, era que cuanto más lejos está una galaxia, más deprisa se aleja. El universo, tras estas observaciones, resultó que estaba en expansión. Una expansión regular y homogénea, en todas las direcciones. Entonces…, ¿se podía echar la vista atrás y llegar al momento en que todas las galaxias estuvieran en un mismo y único lugar? Seas o no religioso, un cura dio con la respuesta a esa pregunta. Y lo más sorprendente es que respondió a la pregunta dos años antes de que se planteara.

XIII

La luz al final del túnel

Ya hemos visto que ciencia y religión nunca han mezclado demasiado bien. Que son agua y aceite por mucho que agitemos el vaso. Y que en el pasado conciliarlas era no solo recomendable, sino casi obligatorio. Que el cielo era cosa de dioses, y su interpretación, de sacerdotes. Esto fue así hasta bien pasado el Renacimiento, y solo tras la Ilustración se separaron de forma tajante y excluyente. En los tiempos más recientes los astrónomos, como cualquier otro individuo, podían o no practicar una fe, pero esta no interfería en su trabajo científico. Tampoco las mezcló nuestro próximo personaje, pero veremos que los prejuicios pueden funcionar en las dos direcciones.

Me refiero al físico y matemático belga Georges Lemaître. Apenas un cráter más en la Luna y el nombre de un vehículo espacial de la Agencia Espacial Europea (el ATV5, ya convertido en cenizas tras finalizar su misión de suministros en la Estación Espacial Internacional) nos lo recordaban hasta hace bien poco. Y eso que estamos hablando del hombre que se atrevió a corregir —educadamente, eso sí— al mismísimo Albert Einstein, prediciendo lo que más tarde Edwin Hubble comprobó con los telescopios de Monte Wilson: la expansión del universo. Lo que hoy todos conocemos como el Big Bang.

Lemaître nació en Charleroi (Bélgica) en 1894. Apasionado por las ciencias y la ingeniería, tuvo que interrumpir sus estudios con veinte años para defender a su país, inmerso en la Primera Guerra Mundial, y fue condecorado como oficial de artillería. En eso comenzó

aventajando a Hubble, ya que él sí vio cara a cara el horror de la guerra. Tras la traumática experiencia, decidió tomar los hábitos y ordenarse sacerdote. Corría el año 1923, y por entonces ya Lemaître era doctor en Física, dado que nunca abandonó su primera vocación. Su formación académica en ciencias físicas y matemáticas era formidable: añadió a su doctorado el paso por la Universidad de Cambridge y sus trabajos en Harvard

con Harlow Shapley, para terminar en el ya mítico MIT —Massachusetts Institute of Technology— estadounidense.

Poco después, en 1927, publica en una revista local el esbozo de su modelo de universo. Partiendo de los postulados de Einstein (un cosmos estático de masa constante), llega a un resultado totalmente distinto: el radio del universo tiene que crecer de forma continua para ser estable. Su publicación lleva por título:

«Un universo homogéneo de masa constante y de radio creciente que refleja la velocidad radial de las nebulosas extragalácticas». Antes de los trabajos de Lemaître, el ruso Alexander Fridman había planteado en 1922 las primeras soluciones cosmológicas de las ecuaciones de la relatividad general de Albert Einstein, que arrojaban tres posibles modelos de universo según su curvatura fuera positiva, cero o negativa, y demostraban que el universo puede expandirse a una velocidad calculable. Lemaître, de forma independiente, es mucho más preciso que Fridman y encuentra el modelo correcto; además, corrobora sus cálculos con las observaciones —inexplicadas todavía— sobre el corrimiento al rojo, de Vesto Slipher (y también del alemán Carl Wilhelm Wirtz, por cierto).

Einstein había hecho el trabajo más duro y genial: deducir las ecuaciones de la relatividad general en 1915, que permiten estudiar todo el universo, pero introdujo una modificación en su modelo —la tan manida «constante cosmológica»— para que dicho universo fuera estable en el tiempo, tal y como marcaban sus preferencias personales. El primer usuario de su teoría antes de Fridman fue el holandés Willem de Sitter —los Países Bajos no ganan Mundiales, pero tienen astrónomos hasta debajo de las piedras—, que también propuso su propio modelo de universo sin masa en expansión exponencial.

Al enterarse de los trabajos de Lemaître, el genio alemán rechazó la idea con virulencia, y suya es la famosa frase al respecto: «Sus cálculos son correctos, pero el modelo físico es atroz». Y eso que Lemaître siempre hizo uso de la famosa constante cosmológica inventada por Einstein, de la que más tarde este renegaría con mayor vehemencia

incluso que la utilizada por Galileo para escapar de la pira purificadora.

En 1931 el trabajo de Lemaître alcanza las páginas de una revista de impacto,15

donde detalla su teoría completa del átomo primigenio o huevo cósmico, de la que derivará la que se llamó Ley de Hubble. Esta denominación se mantuvo hasta nada más y nada menos que 2018, cuando fue rebautizada justamente por la UAI como «Ley de Hubble-Lemaître» (con 3167 votos a favor y 812 en

contra). Esta ley expresa la relación constante entre el corrimiento al rojo de una galaxia y la distancia a la que está.

Su valor ha cambiado mucho con la mejora de las observaciones telescópicas, pero voy a citar los valores obtenidos con la sonda WMAP en 2003, que son bastante populares: la constante tiene un valor aproximado de 71

kilómetros/segundo por Mpc (megapársec), siendo 1 Mpc = 3,2616 millones de años luz. Con este valor, el universo tendría una edad aproximada de 13.781

millones de años (aunque con una particularidad que explicaré después). Es el dato que casi todos tenemos en la cabeza.

Otro sencillo número, más visual como ejemplo práctico, se obtiene razonando a la inversa: si una galaxia está a una distancia de 3,26 millones de años luz, se aleja de nosotros a una velocidad de 71 kilómetros/segundo. El primer valor que estimó Edwin Hubble en Monte Wilson fue de unos 500 km/s/Mpc, bastante mayor que el actual, debido a las escasas calibraciones de distancias con las que contaba. Y el que dedujo Lemaître en 1927 era muy parecido, de 575 km/s/Mpc.

Sin embargo, el primer número fiable de esta constante no se obtuvo hasta 1958, cuando Allan Sandage le dio un valor de 75 km/s/Mpc. Sandage fue un excelente cosmólogo estadounidense que, además de calcular la constante de Hubble (+Lemaître), estudió la edad de los viejos cúmulos globulares de estrellas, postulando que el universo se expande y se contrae periódicamente en ciclos de unos 80.000 millones de años. Nada que ver con nuestro ya olvidado estúpido calendario maya. Por cierto, Sandage fue un ferviente cristiano.

Einstein y Lemaître coincidieron en varias ocasiones. Puedes ver las

curiosas fotos en Internet, en las que un Einstein despeinado e informal aparece junto a un orondo sacerdote bien vestido, con gafas redondas y aspecto entrañable.

Einstein, agnóstico, recelaba del curita belga, puesto que su modelo cosmológico arrastraba a un origen ¿divino? en el espacio-tiempo, y eso no le gustaba ni a él ni a muchos astrofísicos. Pero lo admiraba. Durante una estancia en Bruselas y disertando ante un poblado auditorio, Einstein levantó la vista, vio las caras de extrañeza de los asistentes y les espetó: «Supongo que no habrán entendido nada, a excepción claro está del abate Lemaître». En la Universidad de Princeton, Einstein también dejó caer, al oír predicar al belga: «Esta es la más hermosa explicación de la Creación que nunca haya escuchado». Otra cosa es que hablara en serio.

Como es natural, la fama de Lemaître no tardó en llegar al Vaticano. A pesar de los despectivos intentos del tan brillante como lenguaraz astrofísico británico Fred Hoyle y los seguidores de la teoría rival del universo estacionario, el modelo de universo en permanente expansión era imparable. Georges Lemaître ocupó distintos cargos en la Academia Pontificia de las Ciencias de Roma y fue asesor personal del papa Pío XII. Y este parece que no quería dejar pasar semejante oportunidad. Si el universo tiene unos 13.700 millones de años,

¿importaría mucho que se creara en los siete días bíblicos o en poco más de 10-43 segundos? Con gran pesar de Pío XII —que fue elogiado por Einstein por su defensa de los judíos durante la Segunda Guerra Mundial—, Lemaître huyó de explotar la ciencia en beneficio de la religión. Suyas son las palabras: «El científico cristiano tiene los mismos medios que su colega no creyente. También tiene la misma libertad de espíritu, al menos si la idea que se hace de las verdades religiosas está a la altura de su formación científica. Sabe que todo ha sido hecho por Dios, pero sabe también que Dios no sustituye a sus criaturas.

Nunca se podrá reducir el Ser Supremo a una hipótesis científica. Por tanto, el científico cristiano va hacia adelante libremente, con la seguridad de que su investigación no puede entrar en conflicto con su fe». Tras escuchar a Lemaître, el prudente Pío XII abandonó la idea de hacer del Big Bang un dogma de fe.

Georges Lemaître falleció en 1966, solo dos años después del hallazgo irrefutable de la radiación del fondo de microondas, el eco proveniente del origen del universo, de su Big Bang. Quizá su nombre pintado en la chapa de un carguero espacial no hacía justicia

suficiente a una mente —creyente o no—

divina, y de ahí que, en una memorable iniciativa por «honrar la integridad intelectual de Georges Lemaître, que le hizo valorar más el progreso de la ciencia que su propia visibilidad», la UAI decidiera someter a votación en 2018

el cambio de nombre de una de las leyes más importantes de la astronomía moderna.

Antes de seguir hablando del Big Bang, hay que dedicar unas líneas a Albert Einstein. No tanto sobre sus aspectos biográficos o frases célebres, que aparecen hasta en las etiquetas de los champús y en los sobres de azúcar, sino en relación con la revolución cosmológica que desencadenó. Sin fórmulas y sin anestesia.

Einstein publicó su teoría general de la relatividad entre 1915 y 1916. En dos palabras: la geometría del espacio-tiempo es afectada por la presencia de la materia. Se trata de una nueva teoría relativista del campo de fuerzas que representa la gravedad. En nuestro sentido práctico y simplista, la presencia de

masa o energía (la misma cosa) curva el tejido espacio-tiempo (hemos añadido una cuarta dimensión a nuestro espacio de toda la vida), y esta curvatura afecta a la trayectoria del movimiento de los cuerpos e, incluso, a la trayectoria de la luz.

«La propia luz no tiene masa, pero pesa.» Es una de las frases que más me gusta leer y escribir.

Albert Einstein también formula el primer modelo matemático del universo conocido: el universo estático, que nos dice que este es isótropo (igual en todas las direcciones) y homogéneo a gran escala, así que tiene el mismo aspecto general lo veamos desde donde lo veamos. A esto se le llama «principio cosmológico».

La teoría general de la relatividad predice varias cosas curiosas. Una de las más conocidas es la dilatación gravitatoria del tiempo. Un reloj colocado en una condición de gravedad elevada marca el tiempo más lentamente que uno sin gravedad. Es lo que ocurre con los relojes de los Sistemas de Posicionamiento Global (los GPS), y esta corrección hay que tenerla en cuenta para no perdernos en la selva tropical ni en el aparcamiento del Carrefour los fines de semana.

También se produce un corrimiento al rojo en los espectros de luz bajo intensos campos gravitatorios (hay un interesante experimento del

canadiense Robert Pound y su becario Glen Rebka que, en 1959, lo verificó). Otra la hemos visto al hablar de Mercurio y el cambio en su perihelio debido a su proximidad a la gran masa solar. Y la demostración más visual y elocuente tiene que ver con los eclipses solares y un astrofísico británico no tan famoso como Einstein, pero al cual el sabio alemán le debe mucho, igual que Georges Lemaître.

Sir Arthur Eddington fue un tipo excepcional, de esos que caen bien cuando lees su biografía, y toda una autoridad entre los científicos de la primera mitad del siglo XX. Fue criado en una familia de cuáqueros bastante humilde. Los cuáqueros son una escisión cristiana protestante también conocida como la Sociedad Religiosa de los Amigos. En esencia, son unos benditos y practican la vida sencilla, una escrupulosa honradez, la solidaridad y un auténtico pacifismo, tanto que incluso recibieron el Premio Nobel de la Paz en 1947. Esto le creó algunos problemas a Eddington: cuando lo llamaron a filas durante la Primera Guerra Mundial, objetó. Yo también objeté de la mili,16 pero eso tuvo mucho menos mérito.

Los cuáqueros no eran bien vistos en las universidades porque los consideraban

problemáticos, pero entre ellos destacaron los científicos Joseph Lister (el descubridor de los antisépticos) y, sobre todo, el químico John Dalton, el padre de la teoría atómica. Pues bien, Eddington saltó en su dura niñez y ascética juventud de beca en beca y de premio en premio esforzándose hasta el límite para acabar como director en el prestigioso Observatorio de Greenwich.

Debido a la Primera Guerra Mundial, los avances de los científicos alemanes no llegaban en tiempo y forma a Gran Bretaña ni al resto de países europeos hostiles. Cuando, en 1918, Eddington publicó un artículo explicando la teoría de la relatividad, el nombre de Einstein —y, sobre todo, su nueva teoría— se hizo mucho más conocido si es que podía serlo más. Era un fantástico y respetado divulgador. A pesar de la dichosa guerra, a Eddington le ofrecieron viajar a la pequeña isla Príncipe, colonia portuguesa en el golfo de Guinea, para presenciar el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. Si consultas casi cualquier fuente sobre el pasado de Santo Tomé y Príncipe (país independiente desde 1975, de apenas 200.000 habitantes, que es el más pequeño de África y vive exclusivamente de su sabroso cacao), verás que casi lo único reseñable de su corta historia lo llevó a cabo Eddington. La idea del viaje no fue suya.

En 1913 Einstein no estaba seguro de su teoría —había errado en

algunos cálculos, y es que eso nos pasa a todos—, y le pidió al experto astrónomo estadounidense George Hale algún tipo de comprobación experimental. Hale sugirió que, si la teoría era correcta, la luz flectaría al pasar junto al Sol, y eso podría apreciarse durante un eclipse. El primer intento internacional para comprobarlo no se pudo llevar a cabo en el eclipse total de 1914 debido a la guerra. Pero sí el segundo, organizado por el astrónomo real Frank Watson Dyson, que consiguió del ministro de la Guerra británico que Eddington fuera declarado exento de vestirse de legionario debido «al interés nacional». Así que, en lugar de ir a la cárcel, Eddington se embarcó rumbo al paraíso del chocolate.

Los números de Einstein y Eddington indicaban que los efectos del Sol como lente gravitatoria desviarían la trayectoria de la luz aproximadamente 1,75

segundos de arco en distancia angular. Dyson había elegido además un brillante cúmulo abierto de estrellas, las Híades, que justo en el momento del eclipse estarían tras el Sol. El día del eclipse llovía a mares en la isla Príncipe, pero el cielo se abrió media hora antes del suceso. Eddington contó más tarde que apenas pudo ver el eclipse, de tan atareado como estaba con las placas fotográficas. Tomó dieciséis instantáneas. Y en una de ellas, libre de nubes, midió los resultados que coincidían exactamente con la predicción de Einstein.

La noticia saltó a la primera página de los principales periódicos del mundo:

«¡La teoría de Einstein triunfa!».

El genio alemán quedó eternamente agradecido a Eddington, y allá por el año 1930 aceptó el modelo de expansión del universo suprimiendo su constante cosmológica, aceptando a regañadientes los resultados de Hubble y Lemaître —

del que Eddington era mentor— y trabajando con él de forma paralela en el intento de unificar la mecánica cuántica y la gravitación, cosa que ninguno de los dos consiguió. Y ningún otro lo ha conseguido, todavía.

Todo el mundo ha oído hablar de la teoría del Big Bang, aunque muchos la asocian hoy en día a la famosa comedia de televisión protagonizada por Jim Parsons en el papel del hipocondríaco, friki e ingenioso Sheldon Cooper, un astrofísico teórico que trabaja en el Instituto de Tecnología de California (el famoso Caltech). Supongo que

la productora (Warner, para la CBS) no soñaba en 2007 ni de lejos con el éxito que la serie iba a cosechar durante casi doce años, dada su temática. Yo tampoco me lo explico. No me imagino a ninguno de mis más extraños colegas astrofísicos provocando esa devoción y admiración, aunque algunos son bastante divertidos. Esa serie me hace bastante menos gracia que cualquier otra famosa sitcom estadounidense, y eso a pesar de lo cuidado de la puesta en escena, los buenos gags y un cierto respeto benevolente con las escasas cuestiones científicas complejas que pueden ofrecer a un público masivo. Incluso un profesor de Física y Astronomía de la Universidad de California —David Saltzberg, según leo— se encargaba de dar su aprobación a los diálogos y de escribir las pizarras llenas de ecuaciones que sirven de atrezo.

Siempre suele decirse que el Big Bang, la Gran Explosión, realmente ni fue grande ni fue una explosión. Este término cosmológico designa el principio del universo, en el cual se formaron el espacio, el tiempo y la materia. Grande no podía ser, puesto que no había nada. El Big Bang generó el espacio y el tiempo, es decir, las dimensiones que conocemos. Y como tampoco había nada fuera de él, no se propagó hacia afuera, como ocurre en una explosión. Digamos entonces que el famoso Big Bang no es un Big Bang. Tan inexacto es que parece que el término que describe la teoría hubiera sido concebido por el enemigo. Que es lo que realmente ocurrió.

Recordemos que, aunque las pruebas apuntaban en esta dirección, la teoría descrita por Hubble y bendecida por Lemaître, no era del gusto de todos. Era

demasiado… explosiva, incluso para las mentes más abiertas. Aunque Albert Einstein reculó ante su propia concepción de universo, otros no lo hicieron en toda su vida. El más beligerante fue un excéntrico y genial astrofísico británico llamado Fred Hoyle, que fue el que unió las palabras big y bang para mofarse de la idea.

Hoyle no tenía nada que oponer al modelo de Lemaître —era impecable desde el punto de vista matemático—, pero estaba en desacuerdo con su interpretación, ya que a su juicio entremetía a un creador en el proceso, llevando la ciencia a un nivel de seudociencia. En 1948 presentó su propio modelo de universo del estado estacionario. Desde Cambridge, junto con los austríacos Thomas Gold y Hermann Bondi, propuso que el universo se expandía —las observaciones experimentales eran irrebatibles—, pero la materia se estaba creando continuamente para formar estrellas y galaxias, manteniendo una densidad media constante. Esta teoría permitía

incluso perfeccionar el principio cosmológico, ya que también el universo presentaría el mismo aspecto desde cualquier lugar… y en cualquier momento. Antes que Hoyle y sus colaboradores, el también británico James Jeans había conjeturado una teoría parecida alrededor de 1930.

El espacio está prácticamente vacío, así que, para mantener su densidad constante, apenas habría de generarse un protón al año en cada kilómetro cúbico de espacio. No parece mucho. A pesar de que Hoyle sugirió varios mecanismos para crear materia de la nada (como lo que llamó un «campo de creación»), finalmente no se encontró ningún resultado experimental que apoyara su modelo, y fue abandonado —salvo por él y sus incondicionales, que todavía eran unos pocos— tras la detección de la radiación del fondo de microondas, de la que hablaré enseguida.

Pero nos habíamos quedado en el origen del nombre de la teoría. Fred Hoyle, que era muy popular por ser un gran comunicador, divulgador y escritor —

notable autor de ciencia ficción, no dejes de leer La nube negra—, participaba en un programa de radio de la BBC el 28 de marzo de 1949. En cuanto se le calentó la boca, allí acuñó lo del Big Bang. Tanto George Gamow como otros defensores de la teoría de la gran expansión se enfadaron muchísimo; creyeron que Hoyle había sido no solo despectivo, sino también «injusto, insultante e inadecuado para una emisión de la BBC». Y es que la expresión en inglés tiene varias acepciones, entre las que no puede excluirse la puramente sexual —ahora imagina lo que quieras—. Hoyle se defendió diciendo en otra entrevista para la BBC que sus colegas expansionistas «estaban demasiado ofuscados creyendo en

las primeras páginas del Génesis».

Fred Hoyle no se callaba ni debajo del agua. Creía firmemente que el origen de la vida en la Tierra era producto de la panspermia, que la vida en su forma más básica había llegado a nuestro planeta posiblemente en algún cometa o meteorito, y que este mecanismo era habitual entre sistemas solares. Incluso afirmó que muchas de las pandemias que habían asolado nuestro planeta tenían el mismo origen extraterrestre. Junto con el astrobiólogo Chandra Wickramasinghe, aseguraba que la conocida como «gripe española» de 1918

tenía un origen vírico exterior. Este argumento se extendió más tarde a enfermedades como la polio, la enfermedad de las vacas locas con

sus priones (proteínas mal plegadas que transmiten su defecto a otras proteínas) y, pásmate, a nuestra actual y horrible pandemia de la covid-19. Aunque Hoyle falleció en 2001, Wickramasinghe sigue saliendo en la prensa de forma habitual y no se cansa de insistir en la teoría de los virus extraterrestres. No ayuda mucho, salvo a los conspiranoicos, que van camino de ser legión.

Hoyle hizo descubrimientos tan notables como para casi llevarse un Premio Nobel. En concreto, por sus investigaciones en el campo de la nucleosíntesis en las estrellas. En 1983 el Nobel fue a parar al astrofísico William Fowler por «la importancia de las reacciones nucleares en la formación de los elementos químicos del universo», o sea, la nucleosíntesis que había estudiado con Hoyle.

Se cree que la Academia sueca se la tenía guardada porque el muy popular Hoyle había criticado agriamente la concesión del Nobel de Física de 1974 a Antony Hewish por el descubrimiento de los púlsares, relegando a la verdadera heroína, su estudiante Jocelyn Bell. Luego te lo cuento. Y es que Hoyle, en su larga vida, nunca dejó indiferente a nadie.

Para bien o para mal, el término Big Bang inventado como un exabrupto por Fred Hoyle para desacreditar la teoría del universo en expansión, caló entre científicos, religiosos, civiles y militares de distinta graduación. Y así se quedó.

En 1993 un grupo de astrofísicos propuso que se cambiara el nombre porque, al fin y al cabo, no era ni big ni bang. Y porque se consideraba una expresión sexista que podía resultar ofensiva para las nuevas vocaciones de astrónomas. La propuesta fue recogida por la revista de divulgación Sky & Telescope, y entre el trío que formaba el jurado se encontraba el muy venerado Carl Sagan. Tras contarse los 13.099 votos enviados, los lectores decidieron por aplastante mayoría que siguiera llamándose igual.

La pregunta habitual es qué había antes del Big Bang, y la respuesta estándar es

«nada». Todo se crea en ese momento. Los astrofísicos piensan que esta creación nace de una singularidad, que es un punto matemáticamente inalcanzable. Según viajamos más y más hacia atrás en el tiempo, el universo se hace más denso —la misma masa en menos volumen—, hasta llegar a un límite en el que la densidad de materia y energía tiende a infinito. Ahí nos tenemos que parar. Este valor crítico se conoce como «tiempo de Planck», que es la cantidad de

tiempo más pequeña que puede medirse, y en cosmología nos marca la frontera donde las leyes de la física pueden utilizarse. Es muy pequeño, del orden de unos 5,39106·10-43 segundos. Antes del Big Bang ignoramos todo lo que pasó. La conocida como «era de Planck» es un enigma, una auténtica habitación oscura.

Max Planck fue un físico alemán importantísimo que sentó las bases de la mecánica cuántica y estableció que la radiación no es emitida ni absorbida de forma continua, sino en «cuantos» o fotones. Tuvo una vida tristísima, plagada de desgracias bajo el régimen nazi. En esa habitación oscura inicial, la teoría de la relatividad general de Einstein no puede aplicarse. Y hasta que no tengamos una teoría válida que se combine con la mecánica cuántica —lo que se ha dado en llamar «gravedad cuántica»—, no podemos saber más.

Sin embargo, si pasamos por alto ese pequeño instante, podemos saber muchas cosas. Un poquito después (10-35 segundos) comienza la inflación cósmica. El universo se expande de forma exponencial y la fuerza gravitatoria se separa de las demás, todavía unificadas. Esto parece que explica la apariencia uniforme y plana del universo. Durante esta inflación, ya aparece una gran cantidad de energía y, al finalizar, empieza a formarse la materia. Entramos en el mundo de la física elemental con los quarks, los gluones y otras partículas exóticas.

Al aumentar el tamaño del universo, bajó la temperatura y las fuerzas fundamentales se separaron completamente, pudiéndose formar ya las partículas elementales, como protones y neutrones. Al cabo de 380.000 años, ya se combinarían electrones y núcleos para formar átomos (principalmente hidrógeno), y la radiación se desacopló de la materia yendo al espacio. Mi explicación es tremendamente simple y mala, porque fue un proceso muy complicado con un montón de interrogantes abiertos aún hoy, pero quédate con esa última fecha. En ese momento aparece la radiación de fondo de microondas.

Pero todo esto proceso y su comprensión llevaría aún su tiempo. Así, solo la parte de la teoría inflacionaria —ese primer paso tras el Big Bang— no fue planteada hasta 1981 por el cosmólogo estadounidense Alan Guth. Y antes, en

nuestro tiempo a escalas humanas del siglo XX, estaban pasando muchas cosas interesantes.

Una de ellas ocurrió alrededor del año 1933. Un perspicaz y extraño astrónomo suizo, de nombre Fritz Zwicky, recopiló y publicó un mapa de distribución de galaxias, y planteó que estaban ligadas por la

atracción gravitatoria mutua. En concreto, estudió el llamado «cúmulo de Coma», que está formado por más de mil galaxias. Zwicky estimó la masa total del cúmulo basándose en los movimientos de las galaxias cercanas a su borde. Comparando con el brillo total del cúmulo, dedujo que había 400 veces más masa de la esperada. Faltaba masa visible. Faltaba mucha masa, como cuando hacemos un pan y olvidamos la levadura. Como no se podía ver dónde estaba esa masa para que la gravedad diera lugar a tal velocidad galáctica, a este fantasma estelar lo llamó «materia oscura». Seguro que has oído hablar de ella. Pues bien, si consigues encontrarla, tienes garantizado uno o varios Premios Nobel que compartirás conmigo como inductor principal.

Zwicky nació en Bulgaria en 1898, pero pronto fue enviado a vivir con sus abuelos a escalar picos y comer Toblerones —se crearon en 1908 — a Suiza. Y

de ahí se fue a estudiar y trabajar a California, donde, después de encontrar el problema de la materia oscura, inventó el término «supernova», junto al alemán Walter Baade, para describir la transición de una estrella normal a una estrella de neutrones. Ya sabemos que, cuando una estrella supermasiva explota debido al colapso gravitatorio, su parte más interna se comprime hasta dejar únicamente una pequeña estrella enana blanca que tiene una densidad tan alta como la del núcleo atómico, básicamente de neutrones. Lo bueno de Zwicky y Baade es que propusieron esta explicación para la supernova un par de años antes de que el físico James Chadwick descubriera experimentalmente el neutrón. Las estrellas de neutrones son muy difíciles de observar y tienen una historia propia tan interesante que ahora mismo no te la puedo contar. Prometo hacerlo luego.

El genial y cascarrabias de Fritz Zwicky se aficionó tanto a la búsqueda de supernovas —obviamente, fuera de nuestra galaxia, donde ya no ha aparecido ninguna más desde tiempos de Kepler— que a lo largo de 52 años de observaciones encontró 123 de ellas él solito. Mantuvo este personalísimo récord Guinness hasta 2009, en el que fue batido por un tal Tom Boles, un escocés que apuntó 149 supernovas desde su propia casa. Los hallazgos de estas no solo son campo de la astronomía profesional, hay muchos excelentes observadores

aficionados que dedican muchas noches de su vida a su detección. Otro británico con mucho tiempo libre e insomnio, Mark Armstrong, lleva descubiertas 58 por sí solo y otras 12 compartidas.

En 1937 Zwicky hizo otra fantástica predicción: al igual que el Sol había actuado como lente gravitatoria durante el eclipse de Eddington, una galaxia entera —mucho más masiva, claro, que un único sol— también podía actuar como amplificador gravitatorio. Este efecto de la teoría de Einstein mejorado por Zwicky no fue verificado hasta 1979. Si tienes curiosidad, el objeto que lo probó es el llamado Twin Quasar, o Quásar Gemelo. Aparece doble debido a una galaxia elíptica gigante (de nombre tan exótico como YGKOW G1) que se interpone entre dicho cuásar y el observatorio de Kitt Peak, en Arizona, donde Dennis Walsh y su equipo lo descubrieron. Se puede saber que es una doble imagen del mismo objeto analizando su espectro porque, naturalmente, tiene que ser idéntico.

Zwicky tampoco fue infalible. Al poco de conocerse los resultados de Hubble, manifestó su desacuerdo. Pensó que el corrimiento al rojo era un efecto de pérdida de energía de los fotones observados y, además, que los valores de Hubble tenían un cierto error debido a las calibraciones en distancias poco precisas. Hasta que su amigo y colega Walter Baade no corrigió la escala de distancias basada en las cefeidas variables —y eso no fue hasta 1956, cuando el alemán distinguió en la galaxia de Andrómeda dos tipos distintos de cefeidas y pudo poner en limpio los números— y no se publicaron valores precisos del ritmo de la expansión del universo, Zwicky no terminó de convencerse.

También especulaba con la idea de poder modificar nuestro propio sistema solar a conveniencia, con el fin de situar planetas en órbitas más propicias para la vida, además de la Tierra. Incluso planteó la idea de mover el sistema solar completo (haciendo explotar cargas nucleares en el Sol para producir fusiones asimétricas) y dirigirnos así hasta el sistema de Alfa Centauri, que ya sabes que es nuestra (triple) estrella más cercana. No parece mala idea. Para todo tenía ocurrencias el buen alpinista suizo. Por cierto, si lees a Bill Bryson, encontrarás una serie de anécdotas divertidísimas sobre él, supongo que ciertas, aunque rayanas en lo inverosímil, como que en cualquier momento y lugar se tiraba al suelo para hacer series de flexiones y mantenerse en forma. O que un día casi mata al bueno de Walter Baade, al que perseguía por todo el observatorio llamándolo nazi. Están locos estos astrónomos.

XIV

Los posos en el fondo de la taza

A mediados del siglo XX todo andaba muy revuelto. A dos devastadoras guerras mundiales bien calientes le siguió una guerra

bien fría. Y dos superpotencias enfrentadas como nunca. Los científicos, y en especial los cosmólogos, estaban igualmente enfrentados. Las distintas teorías y opiniones iban y venían y, con frecuencia, sus defensores cambiaban de bando según aparecían nuevas observaciones o experimentos que inclinaban la balanza a uno u otro lado. Así que lo que fuera que hubiera que demostrar tenía que hacerse a conciencia, sin dejar lugar a la duda. Y aquí viene que ni pintado citar el «estándar de Sagan», que aparece en su celebrada serie Cosmos, y que no es otra cosa que el aforismo que dice: «Afirmaciones extraordinarias requieren de una evidencia extraordinaria».17

Parece que la frase no es realmente de Sagan, aunque él la popularizó, sino del físico estadounidense Philip Abelson, que, antes de dedicarse a la divulgación científica como editor de la revista Science desde 1962 hasta 1984, fue un destacado físico nuclear en el oprobioso Proyecto Manhattan, el de las primeras armas nucleares. Esta frase va un poco más allá de la también archiconocida navaja de Ockham, que prefiere explicaciones simples frente a las complicadas.

Para situaciones extremas, en las que una explicación ordinaria no convence a todos, conviene observar una nueva evidencia de la propia evidencia, es decir, una explicación extraordinaria.

Toda la enrevesada introducción a este capítulo me tiene loco, buscando datos en una docena de páginas al mismo tiempo. Y todo para contarte que, aunque el modelo de expansión del universo estaba muy bien y explicaba muchas cosas, seguía rechinando en algunos oídos puros y castos, y no solo en el de Fred Hoyle. Así que, para empezar, podemos hablar de la vida y milagros de un físico teórico que comenzó trabajando en la Unión Soviética y dejó de hacerlo —

porque murió, obviamente— en los Estados Unidos. Otra mente privilegiada que alumbró la humanidad: George Gamow.

Nació en la ciudad de Odessa, en lo que hoy es Ucrania y, desde muy niño, estudió como si no hubiera un mañana. Conoció a Alexander Fridman —uno de los mencionados padres de la teoría de la expansión — en Leningrado, que por causa de fuerza mayor —falleció en 1925— no pudo dirigir su tesis doctoral.

Sea como fuera, en aquellos años ya se movía por media Europa aprendiendo y enseñando prácticamente sobre cualquier cosa que tuviera que ver con la ciencia.

Tanto que, en 1931 y con solo veintiocho años, fue el miembro más

joven de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética. Por entonces empezó a trabajar en el primer acelerador de partículas europeo.

Pronto comenzaron los problemas para él a causa de la política. En el mismo año de 1931 se casó con una colega y empezaron a negarle los permisos para viajar fuera de la URSS. Según cuentan, durante dos años Gamow y su mujer trataron de salir por todos los medios —legales o no— de la Unión Soviética, incluyendo dos intentos remando en kayak. El primero, a través de una ruta de 250

kilómetros atravesando el mar Negro hacia Turquía, y el segundo, cruzando la frontera noruega. Fracasaron porque el clima, como imaginarás, no era propicio para estas excursiones de pareja. Por fortuna, las autoridades soviéticas no se enteraron de sus románticas escapadas.

Inesperadamente, esas mismas autoridades permitieron en 1933 que el matrimonio Gamow asistiera a la Conferencia Solvay, en Bruselas, donde se reunió lo más granado de la física mundial. Seguro que has visto algunas fotos de ese montón de sabios rodeando a Einstein y a Marie Curie. Por descontado, no regresaron nunca a la URSS. Al principio, fueron auxiliados por Marie Curie, y luego se trasladaron primero a Londres y finalmente a Míchigan. Los americanos lo recibieron con los brazos abiertos, puesto que Gamow era un experto en lo que se conocía como «decaimiento beta radiactivo», y no tardaron en ofrecerle participar en el naciente Proyecto Manhattan para desarrollar la bomba atómica junto con otros lumbreras de su tiempo (y fueron unos cuantos).

Gamow dijo que no le venía bien, que estaba muy liado —por decir algo— y se puso a trabajar en evolución estelar y en cosmología. Y eso nos vino muy bien a los demás.

Gamow comenzó sus trabajos basándose en las teorías previas tanto de su añorado Alexander Fridman como de Georges Lemaître, que describían un

universo de cantidad de materia uniforme y curvatura espacial constante. A diferencia del sacerdote belga, Gamow no modela una expansión a partir de una partícula de materia infinitamente densa, sino que supone que en los inicios del universo lo que realmente hay es radiación. Con esta premisa, Gamow aborda cuestiones tales como la creación de los elementos químicos. Luego rectificó algo su teoría, puesto que la mayor parte de los elementos —más allá del litio—

se producen, como demostró Hoyle, en procesos internos de las estrellas y en estallidos de supernovas. Con su estudiante de doctorado, Ralph Alpher, perfecciona los cálculos y los publica en 1948; además de la nucleosíntesis, añade la condensación de los elementos para acabar formando galaxias, calculando de forma teórica su masa y diámetros. Y en 1953 reproduce los resultados cambiando masa por su equivalente en radiación. Y aquí deduce que debía de existir, todavía, un resto de aquella primera emisión, calculando que en la actualidad sería equivalente a la radiación de una temperatura cósmica de 7 K

por encima del cero absoluto.

Poco después, Ralph Alpher, junto con Robert Herman, fue capaz de mejorar la estimación de la temperatura del fondo cósmico de microondas a unos 5 K. Hoy sabemos que se equivocaron por muy poco, dado que la intensidad de dicha radiación primigenia se corresponde con la de un cuerpo negro18 a 2,726 K.

Denominamos «de microondas» a esta radiación porque un cuerpo negro radiante a esa temperatura tan baja presenta su máximo de emisión en el rango electromagnético de las microondas. Razonando a la inversa, había que buscar radiaciones en ese rango de frecuencias para encontrar los restos de la expansión primordial.

Enseguida te explicaré cómo se descubrió en 1965 esta radiación vestigio del Big Bang, que supone la prueba extraordinaria a la afirmación extraordinaria de la expansión del universo. Antes quiero contarte que Gamow, así como sus colaboradores Alpher y Herman, no se sintieron muy contentos cuando se hizo público el descubrimiento, más que nada porque fueron casi completamente ignorados. Y más que lo serían en 1978, cuando la Academia sueca concedió el Nobel por este descubrimiento a Arno Penzias y Robert Wilson, que fueron los antenistas. Gamow ya había fallecido (en 1968), pero sus alumnos le sobrevivieron y tuvieron que verlo todo por televisión. Al final de su vida, George Gamow hizo también notables contribuciones en la rama de la genética molecular. Ha sido uno de los últimos polímatas de nuestros tiempos modernos.

Durante unos pocos años el interés cosmológico por la extraña radiación

planteada por Gamow y sus colaboradores pareció decaer. Sin embargo, tres físicos teóricos rusos —Yakov Zeldovich primero, e Igor Novikov y Andrei Doroshkevich después— la resucitaron en 1964.

Casi al mismo tiempo, y sin que esto tuviera que ver con la Guerra Fría, el estadounidense Robert Dicke y sus colegas de la Universidad de Princeton deciden buscarla. Dicke era un excelente ingeniero19 a la par que astrofísico, y había ideado un radiómetro para captar las esquivas microondas, si es que realmente existían. Y las encontraron, pero fueron los segundos.

Cerca de la Universidad de Princeton, en New Jersey, la Bell Telephone había construido una antena con unos radiómetros similares y un propósito totalmente distinto. La NASA tenía un incipiente proyecto entre manos que se llamaba Echo. Los Echo eran un par de enormes globos de unos cuarenta metros de diámetro, llenos con aire, que iban a ser utilizados como prototipos para la comunicación por satélite una vez puestos en una órbita baja. Actuaban como reflectores de señales de comunicaciones en el rango de las microondas. Unos gigantescos globos de cumpleaños recubiertos de mylar, un material de poliéster de apariencia metálica muy ligero y excelente reflector. Se usa muchísimo, incluso en aplicaciones que no te imaginarías. En instrumentación astrofísica es de uso diario, y me he enterado de que es el material preferido para revestir las plantaciones de marihuana y aprovechar al máximo la iluminación artificial.

Será por eso por lo que ha subido tanto de precio.

La gran antena Holmdel, montada en una colina a las afueras del municipio del mismo nombre para recibir las señales reflejadas en los globos Echo, era operada por dos radioastrónomos expertos, Arno Penzias —de origen alemán— y Robert Wilson. El 20 de mayo de 1964 comenzaron a manejarla. Y se enfadaron.

Muchísimo. En cualquier orientación de la antena, captaban un molestísimo ruido de fondo. Equivalía a unos 4 grados de ruido térmico. Al principio pensaron que se trataba de interferencias de radio, posiblemente de alguna emisora neoyorquina. Lo descartaron. Luego se dieron cuenta de que la antena estaba llena de excrementos de palomas, que podían tener un efecto dieléctrico y producir el problema. Echaron mano de las fregonas y repitieron las medidas una y otra vez. Cuando estaban a punto de tirar la toalla, se les ocurrió llamar a Robert Dicke. Como radioastrónomos que eran, sabían de la existencia de una radiación de microondas teórica que Dicke andaba buscando. El resto ya es historia.

Penzias y Wilson recibieron, como he mencionado, el Premio Nobel de Física en

1978 por este descubrimiento trascendental. A Robert Wilson tuve el placer de escucharlo en una conferencia que impartió en Tenerife en 2014. Es un tipo brillante. La pregunta más curiosa formulada por un asistente fue acerca de qué sintió cuando le comunicaron que había sido galardonado con el Premio Nobel.

Wilson fue muy sincero. Dada la diferencia horaria entre Estocolmo y California, donde vive, la llamada telefónica lo despertó de madrugada. Pensó que era una broma pesada de sus alumnos y colgó. Yo hubiera hecho lo mismo, y es que el sueño es sagrado. El cielo puede esperar.

Pues bien, ya tenemos la evidencia extraordinaria: la radiación de fondo cósmico, también llamada «de fondo de microondas». Es una radiación de cuerpo negro —de hecho, es el cuerpo negro más perfecto que se conoce en la naturaleza, ajustándose de forma cuasi-perfecta con la ecuación teórica planteada por Max Planck en 1900— a una temperatura de 2,725K, que corresponde a una frecuencia de microondas de 160,23 GHz o, equivalente, a una longitud de onda de la radiación de 1,9 milímetros. Otra medida de equivalencia, considerando la energía del fotón, es que hay unos 400-500 fotones de estas características por cada centímetro cúbico de espacio. La radiación de fondo es casi isótropa, apenas varía en 18 millonésimas de grado entre diversas zonas del cielo, y estas pequeñas anisotropías en los mapas de radiación nos llevarán más adelante a otras cuestiones también relacionadas con el Big Bang.

Si todavía tu padre o tu abuelo tiene un viejo televisor analógico —no hace falta que sea de válvulas, simplemente de la era anterior a la TDT —, e intentas sintonizar canales alrededor de esa frecuencia, se calcula que alrededor del 1 por ciento de la señal que recibas será la emisión del universo. No sé qué pueden estar echando ahora, supongo que seguirán emitiendo lo mismo desde el principio de los tiempos, o sea que seguramente Saber y Ganar.

Cuando te he empezado a explicar el Big Bang, me he quedado en que el universo poco después de su nacimiento era —descrito de forma simplista— una especie de plasma formado por electrones, fotones, protones y neutrones, pero interactuaban de tal forma que todavía la energía media era muy alta. Conforme la expansión avanzó, el universo se enfrió. A una temperatura media de unos 3000 K los electrones, los protones y los núcleos pudieron formar átomos de hidrógeno, y los fotones echaron a volar libremente. Materia y radiación se separaron al fin. Aproximadamente 380.000 años después del Big Bang comenzamos a ver el universo, que tenía ya un tamaño

de unos 100 millones de

años luz. Y es donde nace la radiación de fondo, que rellena todo el universo observable. La propia expansión progresó y progresa de forma continuada, enfriando más y más nuestro recién conocido universo, así que la temperatura fue bajando hasta quedar en los 2,725 grados actuales.

Echando mano nuevamente de la simplicidad, la Tierra nunca recibirá radiación de la llamada «edad oscura» anterior, pero sí que tenemos algunas pistas de lo que pasó justo al final. Recordemos que los mapas de la radiación cósmica de fondo revelan unas minúsculas anisotropías, o pequeñas fluctuaciones en la densidad de materia cuando se produjo la formación de los primeros átomos que dejaron libre la luz. Los cosmólogos suponen que en ese momento la gravedad empezó también a trabajar, agrupando dicha materia en forma de hilos o clústeres que, a la larga, dieron origen a los objetos de mayor escala actuales, en concreto los supercúmulos de galaxias.

Uno de los discípulos de Robert Dicke fue James Peebles, que en 2019 ha recibido el Premio Nobel de Física junto con los descubridores del primer exoplaneta. En el caso de Peebles, su galardón premia todas sus contribuciones en el campo de la cosmología, especialmente aquellas de la década de los setenta relacionadas con las fluctuaciones de la radiación de fondo de microondas que dieron lugar a la formación de estructuras. Ahora es profesor emérito en Princeton.

Se piensa que la estructura del universo no se construye de abajo hacia arriba, empezando por las estrellas y terminando por los supercúmulos, sino al contrario. Primero se forman las grandes agrupaciones galácticas y sus halos, principalmente dominados por las fuerzas gravitatorias. Y más tarde comienzan a jugar su papel las fuerzas electromagnéticas en la evolución de estas mismas agrupaciones hacia galaxias y estrellas.

El estadounidense Peebles, así como el soviético Yakov Zeldovich, dieron cuenta teórica de la existencia de estas pequeñas inhomogeneidades en el fondo cósmico. El segundo, junto con su también colega Rashid Sunyaev, predijo el patrón de fluctuaciones esperado del universo temprano. Ya lo hemos visto y medido, pero no te he contado cómo.

Para medir si existía la también predicha anisotropía del fondo cósmico de microondas (habitualmente se abrevia como CMB, por Cosmic Microwave

Background, en inglés), hubo que irse al espacio. El primer satélite diseñado y creado para estudiar cosmología fue el COBE —Cosmic Background Explorer

—. Construido por la NASA como una misión de bajo coste, iba a ser puesto en órbita por un transbordador espacial en 1988, pero la tragedia del Challenger obligó a posponer y casi anular el lanzamiento. Finalmente fue puesto en órbita un año después de manera convencional, con un cohete lanzador Delta. Unos tres años más tarde (el 23 de abril de 1992) se anunció a bombo y platillo, portada del New York Times incluida, que el COBE había encontrado las anisotropías del CMB. Los dos investigadores principales del proyecto, George Smoot y John Mather, recibieron el Premio Nobel de Física en 2006 por esto. Un eufórico Smoot, una vez procesados los concluyentes resultados obtenidos por la instrumentación del satélite, exclamó: «Es la evidencia del nacimiento del universo. Si eres religioso, esto es como ver a Dios».

Smoot es un tipo muy singular y famoso en Estados Unidos por un sinfín de cosas. Como todo buen astrofísico que se precie, ha aparecido haciendo un cameo de sí mismo en un episodio de The Big Bang Theory, igual que Stephen Hawking o el astronauta Buzz Aldrin. Pero, sobre todo, George Smoot es una celebridad porque en septiembre de 2009 se convirtió en una de las dos únicas personas que ha acertado las once preguntas y se ha llevado el premio de un millón de dólares en el concurso de la Fox ¿Sabes más que un niño de primaria?

Aquí no tuvo tanto éxito como en otros países, aunque Antena 3 compró los derechos y puso al simpático Ramón García al frente. Claro que tampoco teníamos ningún premio Nobel para competir. Y Smoot también anuncia cosas diversas por televisión, así que no para quieto. Sin embargo, su colega John Mather es mucho menos amigo de la publicidad, pero mucho más importante. En 2012 la revista Time lo incluyó entre las personas más influyentes en la investigación espacial, y como tal dirige el programa científico del tan esperado telescopio espacial James Webb. En 2014 tuve la oportunidad de escucharlo dentro del festival Starmus en Tenerife, junto al ya citado Robert Wilson. Es altísimo.

El éxito del satélite COBE —era casi un experimento— fue tal que pronto se le buscaron sucesores para mejorar la resolución de los datos adquiridos. El primero en ser puesto en órbita fue el WMAP —Wilkinson Microwave Anisotropy Probe— en 2001. Debe su nombre a uno de sus promotores, el cosmólogo David Wilkinson, fallecido

prematuramente. Desde el punto de Lagrange-2, el satélite hizo observaciones del cielo completo cada seis meses en cinco bandas de frecuencia diferentes, con una resolución de 13 minutos de arco

en distancia angular.

Con el WMAP han hecho importantes verificaciones, algunas de las cuales ya he mencionado: la edad del universo es de 13.772 ± 59 millones de años; la constante de Hubble es 69,32 km/s/Mpc ± 0,8; la forma del universo es plana —

sí señor, plana y bien plana— y, por último, te anticipo que el universo tiene solo un 4,63 por ciento de materia común conocida, un 24,02 por ciento de materia oscura y hasta un 71,35 por ciento de energía igualmente oscura y desconocida.

La instrumentación de WMAP era 45 veces más sensible que la del COBE, y su resolución angular 33 veces mejor.

Por último, el satélite europeo Planck despegó en 2009 a bordo de un cohete Ariane-5, con unas prestaciones superiores a WMAP. Ha confirmado que el 25,8

por ciento del universo es materia oscura, todavía un poco más de lo que se pensaba. Y que su edad, calculada con mayor precisión, es de 13.798 ± 37

millones de años. Anota este número si quieres, es el último por ahora. La constante de Hubble es también similar a resultados anteriores: 67,80 km/s/Mpc

± 0,77. Todavía hay muchos datos de la misión Planck por analizar, pero uno de sus resultados más significativos fue el de echar por tierra la supuesta detección de ondas gravitatorias primigenias reportada por el experimento antártico BICEP-2. Ahora te explico con cierta extensión de qué va el asunto porque tiene mucho que ver y merece la pena.

Cuando he hablado de Albert Einstein y su propuesta de la teoría general de la relatividad, no he mencionado un hecho que también se deriva de la misma y que el alemán predijo en 1916. La curvatura del espacio-tiempo puede ser perturbada por cuerpos masivos acelerados, y esas perturbaciones propagarse como ondas gravitatorias desde su origen a la velocidad de la luz. Las ondas gravitatorias transportan energía como una radiación gravitatoria, similar a como lo hace la radiación electromagnética conocida. En este aspecto la gravitación de Einstein es muy diferente a la clásica mecánica de Newton, donde las interacciones entre los cuerpos son instantáneas. En una comparación que me parece muy ilustrativa, imagina que el Sol desaparece de repente. Con las ecuaciones de Newton, la Tierra saldría inmediatamente despedida de su órbita.

Con las de Einstein, ocurriría lo mismo, pero tardaríamos ocho minutos y pico en comenzar nuestro viaje. Aunque como también tardaríamos en dejar de ver el Sol esos ocho minutos (los que tarda su luz en llegar hasta nosotros, a la misma velocidad lumínica), veríamos su desaparición justo en el momento del desalojo.

Los cambios gravitatorios no son instantáneos, deben propagarse.

Esta radiación gravitatoria es una predicción básica de la relatividad general, así que detectarla es una prueba fantástica para validarla. Aunque ya hemos encontrado pruebas extraordinarias para esta teoría extraordinaria —como el eclipse de Eddington que te he contado—, su reciente hallazgo ha sido un hito más en la física moderna. Los que saben echar cuentas nos decían que sus efectos observables son muy débiles, así que su detección sería muy difícil.

Einstein dudaba de que pudiera detectarse alguna vez.

Para encontrar estas ondas de gravedad, hay que buscar objetos muy masivos y acelerados, u otros igualmente supermasivos que roten a gran velocidad. O sea que, si conocemos de la existencia de auténticos monstruos estelares combinados con cataclismos, igual, con suerte, detectamos la radiación gravitatoria. Hay unos poquitos casos en que los científicos creían que se podía conseguir: la formación de un agujero negro, la explosión de una supernova o el choque de dos cuerpos masivos como las estrellas de neutrones o los mismos agujeros negros. Y hay un caso particular más: la radiación gravitatoria remanente del Big Bang. En este supuesto, la utilidad de las ondas gravitatorias sería impagable, puesto que podríamos obtener información de la formación del universo en la edad oscura, cuando no teníamos fotones ni ondas electromagnéticas. En resumen, se trata de una nueva forma de hacer astronomía. Y, de hecho, así se llama: «astronomía de ondas gravitatorias».20

El hito de detectar por primera vez ondas gravitatorias se hizo público el 11 de febrero de 2016 con el experimento LIGO, tras confirmarse las señales captadas el 14 de septiembre de 2015. Fue noticia en todos los telediarios justo después de los deportes y antes de la información sobre un motín en una cárcel mexicana con 52 muertos. LIGO —Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory

— son dos enormes interferómetros con un recorrido de unos dos y cuatro kilómetros ubicados en Hanford Site (Washington) y en Livingston (Luisiana) respectivamente. Lo que detectó LIGO fue la colisión de dos enormes agujeros negros —ya te contaré qué son estos — situados a unos 1300 millones de años luz. Tenían el equivalente a 29 y 36 masas solares, y se calcula que, de las 65

masas resultantes, al menos tres se emitieron como energía en ondas gravitatorias en unos 0,2 segundos. En ese pequeño instante la masa de tres soles se convirtió en energía. Lo que midieron los dos interferómetros fue una variación en longitud tan pequeña como una milésima del diámetro de un protón.

Eso fue lo que se deformó el espacio, aproximadamente 10-21 metros. La señal

se detectó 0,007 segundos antes en el interferómetro de Luisiana, porque está a unos 3000 kilómetros del de Washington, así que es compatible con la velocidad de la luz. Cálculos aproximados posteriores localizaron la fuente del enorme choque estelar en una

región de unos 25 grados en el hemisferio sur, en dirección aproximada hacia las galaxias próximas conocidas como Nubes de Magallanes.

Hasta el momento, solo LIGO y, desde 2017, el experimento europeo Virgo, han sido capaces de detectar supuestas ondas gravitatorias. Se han observado como una docena de colisiones de cuerpos negros y un par de colisiones de estrellas de neutrones, aunque hay un buen número de detecciones a la espera de ser confirmadas. Hay más curiosidades: en 2018 el ingeniero que encabezó el paper del primer descubrimiento de LIGO y que había sido uno de los tantos artífices del proyecto —Ben Abbott— lo abandonó para dedicarse en cuerpo y alma a su gran afición: la herrería. En las últimas temporadas es uno de los miembros del jurado del concurso televisivo estadounidense Forjado a fuego, que él mismo ha ganado un par de veces. Un tipo energético y radiante. Y ahora viene la letra pequeña, literalmente.

En los descubrimientos de grandes instalaciones como LIGO, el LHC (Large Hadron Collider) y algunas otras, es habitual que toda la plantilla de ingenieros y científicos involucrados figuren como coautores. El paper citado tiene más de 900 nombres en su lista de autores. Para evitar problemas, se suelen ordenar por orden alfabético. Así que el ingeniero eléctrico y científico Ben Abbott ha pasado a la historia como primer autor de varios de los papers más citados en la física reciente, casi sin querer. El segundo en la lista es su hermano Richard Abbott. Pero sí, tras dieciocho años trabajando en el diseño y construcción de LIGO, Benjamin Abbott se ha hecho mundialmente conocido por afilar cuchillos.

La detección de las ondas gravitatorias, desde el punto de vista experimental, es muy complicada y requiere una enorme potencia de cálculo. Se ha creado incluso un proyecto abierto de cálculo distribuido llamado Einstein@home que, de forma similar a como hizo el SETI@home respecto a los verdosos extraterrestres inteligentes, procesa si tú quieres en los tiempos muertos de tu ordenador un montón de datos buscando nuevos eventos. Recuerdo haber tenido ejecutándose el famoso programa del SETI —Search for Extra Terrestrial Intelligence— durante varios años en mis ordenadores, pero, sinceramente, con muy poca fe. Nunca estuve seguro de que aquello estuviera procesando algo que no fuera cambiar los colorines del salvapantallas.

Además de los interferómetros terrestres mencionados, existe un gran proyecto de nombre LISA —Laser Interferometer Space Antenna— desarrollado conjuntamente por la NASA y la ESA con el mismo fin de

detectar ondas gravitatorias. Lo formarán tres satélites y no se espera que pueda estar listo, como poco, hasta 2034.

Toda esta maravillosa nueva rama de la astronomía no podía quedar sin recompensa. Tras la detección de las ondas gravitatorias, la Academia sueca concedió el Nobel de Física de 2017 de forma conjunta a Rainer Kress —el genio inventor de la interferometría láser, que es la base de LIGO— y a Barry Barish y Kip Thorne por dirigir y crear LIGO. Al último puede que lo conozcas, porque es un presentador habitual de programas y documentales de contenido científico y uno de los grandes divulgadores que tenemos, así que nos tiene que caer bien a la fuerza. Tras jubilarse de su cátedra en el Caltech californiano, se dedicó de lleno a estas tareas y escribió unos cuantos guiones y libros. Te sonará sobre todo por Interstellar, dirigida por Christopher Nolan, una película de culto para los espacio-trastornados en la que un grupo de guapos astronautas viajan a través de un agujero de gusano buscando una vivienda digna para los desahuciados terrícolas (no sé si por malvados bancos marcianos). Thorne no solo tuvo la idea, además fue el consultor científico e incluso el productor ejecutivo. La película fue un éxito, y más entre los expertos, por la cuidadosa recreación cinematográfica de los agujeros negros. Recibió el Óscar en 2014 a los mejores efectos visuales.

Tras este inciso, tenemos que volver a nuestra expansión universal y a los posos de esta en nuestra taza de café. Los modelos del Big Bang sugieren que, casi al comienzo, durante la llamada «época inflacionaria», el espacio se expandió enormemente en un plazo de tiempo muy corto. Si esta expansión no fue isótropa, podría haberse emitido cierta radiación gravitatoria detectable aún hoy como un fondo de microondas gravitatorio. Así que hay un buen número de experimentos sobre ello desde hace unos años. La detección es algo más complicada de entender que la de una simple, aunque minúscula, deformación espacial. La radiación CMB está polarizada unos pocos microkelvin. Y hay dos tipos de polarización, los llamados modos E y los modos B, en analogía con el campo eléctrico (E) y el magnético (B). Pues bien, solo te diré —y tendrás que creerme— que los cosmólogos han predicho que hay un primer tipo de modos B

que fueron generados durante la inflación cósmica. Pero falta encontrarlos.

El 17 de marzo de 2014 los responsables de un telescopio muy especial colocado en la Antártida casi junto al polo sur geográfico, el BICEP-2 —Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization —, anunciaron con música de fanfarrias y enorme despliegue

televisivo desde la Universidad de Harvard que habían encontrado el mencionado modo de polarización de la radiación CMB, y por tanto, la «chispa que encendió el Big Bang». Habría supuesto un hallazgo comparable al de LIGO, o incluso superior, y los galardones desde Suecia habrían llovido a pares. Sin embargo, casi desde el primer momento surgieron las dudas.

Primero, porque hay un montón de experimentos en todo el mundo buscando lo mismo y la competencia —más o menos sana— por ser los primeros en reportar el hallazgo es brutal. Y segundo, porque los datos no encajaban. Pronto se vio que las medidas podían ser debidas a la luz emitida por polvo interestelar de la Vía Láctea y, en septiembre de ese mismo año, el equipo del satélite Planck —

que es por donde he empezado esta historia— proporcionó medidas obtenidas de dicho material que, claramente, era el responsable de lo que BICEP-2 estaba midiendo. Pensarás que fue un ridículo mayúsculo y, efectivamente, estás en lo cierto y puede que te quedes corto.

Poco después, uno de los cosmólogos principales del proyecto BICEP, Brian Keating, hizo un acto de contrición memorable que merece ser reflejado aquí.

Publicó en 2018 un libro21 en el que explica todo lo ocurrido y, desde una perspectiva muy particular, analiza su propio drama personal y reflexiona sobre el problema de publicar o perecer en el intento de mantenerse en la cresta de la ola científica. Keating afirma, no sin razón, que el galardón del Nobel puede incluso obstaculizar, más que premiar, el progreso científico, fomentando una competencia innecesaria y habiéndose alejado de la intención original del dinamitero sueco. Por cierto, el libro fue un éxito de ventas, así que no le vino mal al bueno de Keating la cura de humildad.

XV

Polvo de estrellas

Ya, por fin, nos hemos hecho una idea de dónde venimos y dónde estamos.

Según el satélite Planck, tenemos unos 13.798 ± 37 millones de años. ¿Hasta dónde podemos ver con nuestros telescopios? Paradójicamente, más allá de una distancia de 13.798 millones de años luz, ya que la expansión del universo producida por el Big Bang ha hecho que el universo observable —la parte visible del universo completo— se haya alejado mucho más que esa distancia.

La verdadera distancia hasta la que podemos ver objetos en cualquier dirección es de unos 46.500 millones de años luz y, por tanto, el tamaño del universo observable es el doble, unos 93.000 millones de años luz.

Algunas partes del universo están tan lejos que no ha habido tiempo para que su luz llegue hasta nosotros, estando por tanto fuera del universo observable.

Podríamos pensar que solo es cuestión de tiempo. Pues sí para algunas cosas, pero no para otras. De acuerdo con la ley de Hubble-Lemaître, las regiones del universo más lejanas del sistema solar se expanden más rápido que la velocidad de la luz. La teoría de la relatividad espacial de Einstein marca un límite para la velocidad máxima de los objetos entre sí, la de la propia luz, pero no para la expansión del espacio.

Además, hay algo más de lo que no te he hablado aún: la energía oscura. No sabemos de dónde sale, pero es más del 71 por ciento de nuestro universo. Y

parece que se ha empeñado en acelerar la expansión. Si suponemos que esta energía oscura permanece constante, y la expansión del universo acelerándose, habrá un límite de visibilidad más allá del cual nunca podremos ver nada, puesto que los objetos no entrarán nunca en el universo observable. Este límite ya definitivo se calcula que está en unos 62.000 millones de años luz.

Estos números bien procesados y maquillados nos dicen que el número de galaxias que podríamos observar alguna vez, suponiendo nuestra vida como

eterna y descartando otras cosas como el corrimiento extremo al rojo —que las hará invisibles—, es solamente de 2,36 veces las que podemos ver ahora. Es probable que el número de galaxias dentro de nuestro universo observable solo sea una pequeña fracción del número total. Hay un número muy conservador, un límite inferior, derivado de la teoría de la inflación cósmica propuesta por el estadounidense Alan Guth, que indica que, al menos, el universo real es 250-1000 veces más grande en volumen que el observable. Y no te digo cuál es el límite superior porque no me cabrían los ceros.

Otro de los resultados más impactantes de los satélites WMAP y Planck es que el universo observable es aproximadamente plano. Esta cuestión no encaja muy bien con nuestra concepción tridimensional —

yo mido 175 centímetros hacia arriba, y también de izquierda a derecha colocado como el hombre de Vitrubio, así como unos cuantos kilos hacia delante—, ni con el universo esférico que el ser humano ha imaginado casi siempre, pero lo cierto es que es así. Que el universo sea básicamente plano significa que tiene un valor dado para su densidad (la llamada «densidad crítica»), que se puede calcular a partir de las ecuaciones de nuestro amigo Fridman y da un número pequeñísimo, algo así como $0{,}85 \cdot 10\text{-}26$ kg/m^3, o más fácil de recordar, unos miserables cinco átomos de hidrógeno por metro cúbico, y esto suponiendo que estamos considerando toda la masa, la visible y la que no, y también la energía oscura.

Con una densidad tan pequeña, es casi imposible encontrarte nada en el camino.

Cuando aparece casual y localmente algún agujero negro, o una galaxia, que es de Pascuas a Ramos, el universo entonces sí se deforma. Por lo demás, es una tabla de planchar. Sin embargo, si sumamos toda la masa detectable, hay unas $10 + 50$ toneladas, o equivalentemente unos $10 + 80$ átomos de hidrógeno. A este número se le llama «número de Eddington». Aunque Eddington, allá por 1938

en Cambridge, se atrevió a decir acerca de esta cantidad exactamente lo siguiente: «Yo creo que hay $136 \cdot 2^{25} =$

15.747.724.136.275.002.577.605.653.961.181.555.468.044.717.914.527.11

protones, y el mismo número de electrones, en el universo». Pero quédate con $10 + 80$.

Siguiendo con el mareo de cifras —este capítulo te lo tendrías que haber saltado, pero ya es demasiado tarde y no he querido avisarte—, igual te preguntas cuál es el objeto más lejano que hemos observado. Pues bien, en 2016 los astrofísicos P.

A. Oesch y Gabriel Brammer midieron una galaxia con un redshift de $z = 11{,}09$, lo que corresponde a una distancia aproximada de 32.000 millones de años luz.

Se la conoce con un nombre muy prosaico: GN-z11. Se cree que este objeto apareció solo 400 millones de años después del Big Bang. Para localizarla se utilizó el telescopio espacial Hubble. También muy viejuna es la enorme explosión energética conocida como GRB 090423 —Gamma Ray Burst—, el remanente en energía del colapso de una estrella ocurrido cuando el universo tenía unos 630 millones de años. Es, de momento, el sexto objeto en la lista de nuestro particular libro

Guinness. Los cinco primeros puestos son de galaxias, y entre los veinte primeros aparecen un par de quásares. El quásar, o QSO —Quasi Stellar Objects—, es un núcleo galáctico extremadamente luminoso que se supone tiene un enorme agujero negro central rodeado por un disco enorme de acreción. Tal vez me esté adelantado un poco introduciendo conceptos nuevos, así que permíteme que ponga orden en mi cabeza y en mis papeles y vayamos, nuevamente, al principio de la historia.

Regresemos a ese momento señalado de unos 380.000 años tras el Big Bang, cuando se produjo la radiación cósmica. El universo era un inmenso océano de fotones brincando en todas las direcciones, y de átomos de hidrógeno y helio, y de neutrones, y de otras cosas que no conocemos porque es materia oscura. A los 500.000 años, la materia todavía estaba casi uniformemente repartida dentro del tamaño de un cubo de unos 150 millones de años luz de lado. Mil millones de años después se formaron grupos y filamentos de materia, y a los 5000 millones de años ya la materia se condensó en estructuras con grandes espacios vacíos.

Retomando la simplicidad inversa, la jerarquía de nuestro universo de abajo arriba la forman las estrellas, que a su vez se organizan en galaxias, grupos de galaxias, clústeres o cúmulos de galaxias, superclústeres o supercúmulos, murallas y filamentos, los cuales están separados por inmensos espacios vacíos formando una especie de esponja, aunque los astrónomos prefieren llamarla

«web o red cósmica». Será porque siempre están enganchados al vicio de Internet.

En nuestro vecindario esta música suena más o menos así: vivimos felizmente acompañados de virus variopintos en un pequeño planeta azul girando en torno a una estrella a la que llamamos Sol. A este primer tinglado de planetas, satélites, cometas, asteroides y otros objetos lo llamamos «sistema solar». Su tamaño depende de dónde consideremos que acaba, pero una estimación aceptable es decir que tiene una extensión de 1,6 años luz. Así que, en teoría, no estamos tan lejos de nuestra primera vecina, que en realidad forma un trío: Alfa Centauri, a

unos 4,35 años luz.

Nuestro barrio tiene unos 20 años luz, y en él viven 79 sistemas estelares. Como algunos son dobles o triples, en total hay 106 estrellas. Entre ellas, Sirio, a la que siempre nos gusta nombrar por su

brillo mayúsculo. Ya te he dicho que también es un sistema binario. Nuestra ciudad es la Vía Láctea, el «camino de leche» que es nuestra galaxia. «Galaxia» viene del griego, como casi todo en la astronomía antigua, gálaktos. Es un disco —ahora casi todo es un disco, ya ves— que contiene unos 200.000 millones de estrellas y mide unos 100.000 años luz de diámetro. El municipio es nuestro Grupo Local de Galaxias, y tiene 46

localidades. Las dos capitales de nuestro cúmulo, con diferencia, son la galaxia de Andrómeda y nosotros. El resto son pueblos, cosas pequeñas, como las Nubes de Magallanes o la galaxia del Triángulo, que es la tercera en tamaño, y también espiral, como las principales. Más o menos, el tamaño de nuestro grupo local es de 10 millones de años luz.

La provincia estelar la forma el conjunto de cúmulos, o Supercúmulo Local que, en nuestro caso, se llama Supercúmulo de Virgo, y esto ya mide un orden de magnitud más, unos 107 millones de años luz. Hay cuatro grandes supercúmulos relativamente próximos entre sí: el nuestro (de Virgo), el del Centauro, el Meridional (que incluye tres grandes cúmulos: Fornax, Dorado y Eridano) y el de Hidra-Centauro, que contiene el cúmulo de Hidra y el llamado Gran Atractor.

Este nombre temible es el centro gravitatorio del sistema completo.

Siguiendo con el símil, todo esto sería nuestra región. Este brutal enjambre estelar contiene 100.000 galaxias con unos 10.000 billones de estrellas. En tamaño rondará los 520 millones de años luz, lo que significa más o menos el 4

por ciento del universo observable. Nuestra comunidad autónoma se llama Laniakea, que es una palabra hawaiana que significa «cielos inconmensurables».

El nombre se lo puso en 2014 un grupo de astrónomos francocanadiense que trabaja en Hawái, encabezados por Brent Tully.

Este señor tuvo la santa paciencia de publicar en 1988 el libro The nearby galaxies catalog, que localiza las 68.000 galaxias más cercanas a la Tierra, en un radio de 700 millones de años luz. Tully identificó la siguiente estructura: más allá de los supercúmulos aparece un complejo llamado «filamento». El nuestro se llama de Piscis-Cetus, contiene ya 60 supercúmulos, y tiene unos 1000

millones de años luz de longitud por 150 millones de años luz de anchura, formando una de las estructuras más grandes de todo el

universo. Lo forman

cinco complejos de supercúmulos: el Laniakea —el nuestro—, el Perseo-Pegaso, el Perseo-Piscis, la región del Escultor y el de Piscis-Cetus que le da nombre.

¿Todavía hay algo más grande en el universo? Pues sí, otras cinco macroestructuras, desde la Gran Muralla de Sloan (1300 millones de años luz) hasta la formidable Gran Muralla de Hércules-Corona Boreal (también llamada GRB-Wall en inglés), que mide 10.000 millones de años luz. Este auténtico monstruo es el filamento galáctico más grande y masivo de todo el universo observable. Si te acuerdas, que lo dudo, del tamaño que tiene este y que he mencionado justo al comienzo del capítulo, verás que el GRB-Wall equivale a 1/9 de su dimensión. Fue identificado en 2013 por un grupo de astrónomos húngaros de nombres bastante complicados, así que te los ahorro. Bastante llevas ya por hoy.

Hablemos pues de estrellas. Dejamos a Giovanni Cassini construyendo meridianas y mirando fijamente a Saturno, entre otro montón de actividades.

Cassini tuvo en la Universidad de Bolonia un discípulo poco conocido pero muy inteligente, Geminiano Montanari, al que le encasquetó una tarea nada agradable: redactar los almanaques astrológicos. Si a Kepler le gustaban estas cosas, a Montanari le traían al fresco. En 1665, de forma deliberada, se lo inventó por completo —igual que se hace ahora en la prensa seria—. Nadie se enteró. Montanari era un convencido científico experimental, lo que en aquella época todavía no era, ni mucho menos, normal. Aún predominaban los puntos de vista místicos, y no solo con relación a los cielos.

Si traigo a colación a Montanari es porque fue el primero en anotar que una estrella cambiaba su brillo. En concreto, la famosa Algol, la segunda más brillante en la constelación de Perseo. Seguramente no fue el primero en darse cuenta, porque a esta estrella la denominaron en hebreo la Cabeza de Satán, los griegos la Gorgona (una mujer monstruosa y terrible; la Medusa es la más famosa) y los árabes el Gul (una especie de demonio devorador de hombres muertos). Algo le vieron los muy cobardicas que no les gustó mucho, eso parece claro. El brillo de Algol varía entre $+2{,}3$ y $+3{,}5$ en menos de tres días, y esto es debido a que es un sistema binario y una estrella eclipsa a la otra en ese corto período de tiempo.

Durante algunos años nos limitamos a contar estrellas —William

Herschel, sobre todo—, pero todas parecían iguales. Salvo colores diferentes y cambios de brillo,

como el mencionado en Algol. Hoy sabemos que las estrellas pueden cambiar su brillo por muchas razones. Hay estrellas variables pulsantes, hay novas, hay estrellas eclipsantes, hay supernovas binarias, hay cefeidas. Incluso hay estrellas maravillosas, como la descubierta por el holandés David Fabricius en 1596. La estrella Mira es la variable de período largo más observada, que aparece y desaparece cada 332 días. Hay reportadas más de 50.000 observaciones realizadas sobre ella por más de 1600 astrónomos. En realidad, son dos estrellas, como demostró en 1995 el telescopio espacial Hubble. Pero con la llegada de la espectroscopía todo cambió.

Nuestro huérfano favorito, Joseph Fraunhofer, comenzó la observación de espectros en estrellas brillantes, como Sirio sin ir más lejos, y ya se dio cuenta de que las famosas líneas de absorción no eran comunes para todas. El siguiente personaje de nuestro largo cuento astronómico relacionado con la espectroscopía estelar y, por tanto, con los tipos de estrellas es, mira por dónde, otro sacerdote católico.

Angelo Secchi fue un jesuita que dirigió durante casi treinta años el Observatorio del Colegio Romano, hoy Universidad Pontificia. Así que tuvo tiempo de sobra para averiguar un montón de cosas que nos interesan justo ahora. No se puede decir que Secchi fuera un tipo tranquilo. Al año de ordenarse sacerdote, en 1848, la Sociedad de Jesús sufrió su segunda gran persecución y Secchi tuvo que abandonar Roma. No desaprovechó el tiempo y viajó para estudiar, primero a Gran Bretaña y luego a Estados Unidos. Cuando regresó a Italia, con treinta y dos años, lo pusieron al frente del Observatorio romano.

Fue un incansable astrónomo y lo observó casi todo: las estrellas binarias, el Sol, la Luna, Marte, cometas, manchas solares y la propia corona solar, pero, sobre todo, destacó por los más de 4000 espectros estelares que caracterizó y que le permitieron realizar la primera clasificación estelar conocida. Las llamadas

«clases de Secchi» dividen las estrellas en cinco grandes grupos: (I) estrellas blancas y azules, dominadas por las líneas del hidrógeno; (II) estrellas amarillas, como el mismo Sol, que presentan alguna metalicidad —líneas espectrales relacionadas con elementos metálicos; en astrofísica suele considerarse metal todo aquello que no sea hidrógeno o helio—; (III) estrellas naranjas-rojas, con un espectro complejo, como Betelgeuse; (IV) estrellas rojas, con líneas del

carbono, y (V) estrellas con líneas de emisión especialmente raras.

En este último grupo de inclasificables se han ubicado posteriormente las

estrellas de tipo Wolf-Rayet, que son muy masivas, calientes y luminosas, afectadas por fuertes vientos estelares. Fueron descubiertas en 1867 por los astrónomos franceses Charles Wolf y Georges Rayet. Estos observaron que, en lugar de estrechas líneas oscuras de absorción, presentaban anchas líneas de emisión espectral brillantes. Hoy se conocen unas 300 estrellas de este tipo.

También en esta última clase de Secchi se encuentran las tan famosas como preciosas nebulosas planetarias. Estas tienen el nombre más desafortunado posible, porque no tienen nada de planetas, pero ya tenían asociada esa denominación desde los tiempos de Herschel y siguen llamándose igual. Son halos calientes de material emitido por estrellas moribundas, y Herschel las bautizó así porque, con sus telescopios, parecían discos planetarios.

Principalmente emiten hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, pero este último fue confundido con un supuesto nuevo elemento, el nebulium, ya que estas líneas de emisión del oxígeno no aparecen normalmente en la Tierra, porque está ionizado. Son espectaculares. Seguramente conocerás la del Anillo, la Dumbbell, el Ojo del Gato, la Hélice, la Hormiga, la Calabaza, la nebulosa Esquimal, el Reloj de Arena y tantas otras.

La clasificación estelar del padre Angelo Secchi se llevó a cabo entre 1860 y 1870, y pronto fue superado por las incansables Computadoras de Harvard y los Catálogos Draper, que publicaría el misógino de Edward Pickering. Si Secchi había clasificado unas 4000 estrellas por su espectro, Williamina Fleming superó las 10.000 en 1890, incluyendo unas doscientas estrellas variables, como nuestra temible Algol.

Al principio se basaron en la clasificación ligeramente modificada de Secchi, las

«clases de Draper», pero primero Annie Jump Cannon y más tarde Antonia Maury la modificarían mucho más y darían lugar a las «clases de Harvard».

Reordenaron las clases de Secchi y cambiaron los números romanos por letras del alfabeto siguiendo un orden determinado: O-B-A-F-G-K-M. El orden lo establece hoy la temperatura efectiva estelar, a la cual

un cuerpo negro emite la misma radiación. Si quieres recordar el orden de las estrellas desde las más calientes a las más frías, solo tienes que hacer uso de una famosísima regla nemotécnica: «Oh, Be A Fine Guy/Girl: Kiss Me!».

Las estrellas, con esta clasificación actual, van desde las azules (clase O, con una temperatura superior a 30.000 K y una masa mayor que 16 veces la solar) hasta

las pequeñas rojo-anaranjadas (clase M, unos 3000 K de temperatura y una masa menor que la mitad de la del Sol). Nuestro propio Sol es de la clase intermedia G, estrella amarilla, y no sabemos si es chico o chica (que yo sepa, nadie ha propuesto todavía ampliar la regla nemotécnica a Guy/Girl/Gay). Las frías de tipo M son las más abundantes, más del 75 por ciento de todas las estrellas. La mayoría son enanas rojas, pero también las hay gigantes en volumen, como Betelgeuse y Antares. Sin embargo, las estrellas tipo O son las más escasas: apenas una sola entre tres millones y son extremadamente energéticas y luminosas.

Clasificar estrellas no es tarea fácil, porque evolucionan y pasan de un tipo a otro, aunque despacito. Salvo que revienten, claro. Ya sabemos que las estrellas convierten hidrógeno en helio, liberando toda esa energía al espacio y poniéndonos morenos. La fuerza de la energía liberada —la llamada «presión de radiación»— haría estallar la estrella si no fuera por la fuerza de la gravedad, que la equilibra. Así que la precaria estabilidad depende de la masa estelar. Si es menor que unos 0,08 soles, no hay reacciones nucleares que valgan. La estrella más debilucha se cree que es 2MASS J0523-1403, con aparente nombre de robot y medida en 2013. Tiene una masa equivalente a unos 75 jupíteres y está cerquita, a unos 40 años luz.

En el otro extremo, si la estrella es mayor que unos 100 soles, tiene todos los números para implosionar debido a la gravedad y convertirse en supernova o cosas peores. Tal vez la estrella de mayor masa conocida en la Vía Láctea es la famosa Eta Carinae, que es un poco complicada. Realmente es un sistema binario a unos 7500 años luz visible desde el hemisferio sur. Su masa oscila entre 100 y 150 soles, y brilla como cuatro millones de veces más. Entró en un catálogo por vez primera en 1677, apuntada por Edmund Halley. Entonces tenía una magnitud de $+4$. Desde esa fecha, su brillo ha subido y bajado de forma espectacular. En abril de 1843 los astrónomos —siempre hay varios telescopios apuntándola cada noche, por si las moscas— reportaron un valor máximo de brillo (magnitud -0,8), así que solo Sirio era más brillante que ella (y la faraona está

infinitamente más cerca). Entre los años 1900 y 1940 casi se desvaneció (+ 8

de magnitud, invisible sin telescopio). Ahora vuelve a brillar y tiene una magnitud aparente de + 6,2. Eta Carinae es joven y morirá joven, como Marilyn.

Con su masa no puede vivir más allá de tres millones de años, así que estallará en una supernova o una hipernova. O tal vez haya estallado ya, y no nos enteremos hasta que nos llegue su inmensa radiación electromagnética (y

gravitatoria, que seguro que la habrá). El sueño de cualquier astrofísico es vivir para observar el estallido de este monstruo estelar, y que esa noche lo pille despierto.

La estrella más masiva observada hasta ahora está fuera de nuestra galaxia, aunque no demasiado, en la vecina Gran Nube de Magallanes. La descubrió el equipo de Paul Crowther, de la Universidad de Sheffield, con datos del gran telescopio VLT y del telescopio espacial Hubble. Técnicamente se la conoce como R136a1, y es del tipo de Wolf-Rayet ya mencionado. R136a1 es una hipergigante azul, contiene unas 265 masas solares. Si no ha estallado todavía es porque pierde rápidamente su masa. Se cree que, en sus orígenes, pudo tener hasta 320 masas solares. Además de ser la más masiva, es la más luminosa: 8,7

millones de veces el brillo absoluto del Sol, lo que se corresponde a una temperatura efectiva de unos 53.000 K. Ahora iremos con estos detalles clasificatorios, que no son asunto baladí.

Dado que las estrellas van quemándose (siendo estrictos, pierden masa y la transforman en energía), cambian y lógicamente se mueven dentro de las categorías estelares. Para poner algo de orden en este asunto, hay que volver a Harvard. Aunque la reclasificación inicial de las estrellas se la debemos a Annie Jump Cannon (reordenando las llamadas «líneas de Balmer»,22 lo que, en la práctica, nos da una clasificación por temperaturas más que puramente espectral con las letras ya mencionadas y la simpática norma para no olvidarlas), tenemos que hablar un poco de su compañera de fatigas, Antonia Caetana de Paiva Pereira Maury.

Aunque Antonia Maury era estadounidense, este pomposo nombre le vino por parte de su abuela materna, hija del médico de la corte del rey Juan VI de Portugal. Su padre era un pastor anglicano,

descendiente de James Maury, un famoso clérigo y político durante la época colonial. Y para terminar con su complejo árbol genealógico, Antonia era también la sobrina de Henry Draper, el astrónomo cuya fortuna legada costeaba los trabajos de las Computadoras de Harvard. Pues bien, en 1888 Antonia Maury fue asignada al estudio de los espectros de estrellas brillantes en el hemisferio norte para confeccionar el conocido catálogo que llevaría el nombre de su tío.

A Maury no le terminaba de convencer la reciente clasificación de Annie Jump Cannon y elaboró una propia con información no solo de la temperatura, sino

también con características de las líneas espectrales. Un par de años después, Maury dejó Harvard por la docencia, aunque regresó de mala gana en 1893 tras los ruegos de Edward Pickering. Pocos años antes, y al igual que ocurriera con las cefeidas de Henrietta Leavitt, Pickering se había apropiado públicamente de su trabajo en relación con la espectroscopía de una estrella binaria. El amago de Antonia Maury dio su fruto. En 1897 publicó su propio catálogo de clasificación estelar. Fíjate en el título: Spectra of bright stars photographed by Antonia C.

Maury under the direction of Edward Charles Pickering. Era la primera vez que un observatorio publicaba algo con el nombre de una mujer. Desde los tiempos de Babilonia.

Sin embargo, Pickering no estaba lo que podríamos llamar cómodo con este asunto. Muy al contrario. Se negó a usar el nuevo sistema de clasificación, y con él, muchos otros importantes astrónomos bajo su área de influencia. Maury se marchó de nuevo harta de Harvard y no volvió hasta 1918, a la muerte de su director. El sucesor de Pickering ya sabemos que fue el gran Harlow Shapley, que apoyó incondicionalmente su talento y el de otras mujeres a la fuga, como Cecilia Payne. El primero en darse cuenta de su gran trabajo, antes incluso que Shapley, fue el astrónomo danés —aunque trabajó principalmente en Holanda, por si echabas de menos este país— Ejnar Hertzsprung. Este agrupó las estrellas a partir de la clasificación espectral hecha en Harvard por Antonia Maury. En su propio esquema estelar, relacionó la temperatura de las estrellas con su luminosidad absoluta en 1911.

Y un par de años después, y de forma totalmente independiente, otro astrónomo estadounidense, Henry Norris Russell, hizo algo parecido. Así que a la UAI no le quedó otro remedio que cambiar en 1922 el obsoleto sistema de clasificación estelar por el basado en el trabajo de Hertzsprung y Maury, dándole por tanto el nombre de «diagrama de

Hertzsprung… y Russell». Efectivamente, estamos hablando del comúnmente abreviado diagrama H-R, archiconocido gráfico donde las estrellas aparecen dispersas según sea la relación entre sus luminosidades (o magnitudes absolutas) y sus temperaturas efectivas (según su tipo espectral, el conocido O-B-A-F-G-K-M). No sé si la UAI se reunirá para renombrarlo con la denominación más justa de «diagrama de Hertzsprung-Russell-Maury». Ni siquiera sé si nadie se lo ha pedido.

Aunque no incluya un diagrama H-R por razones de concepto y, sobre todo, de presupuesto, este es fácil de describir. Al comparar la temperatura de las estrellas

con su luminosidad se comprobó que estas tienden a agruparse. Y la mayoría de ellas ocupan una región en forma de franja curva en diagonal —desde muy luminosas y calientes hasta poco luminosas y frías— que se denomina

«secuencia principal». El radio estelar también aumenta desde abajo (donde están, por ejemplo, las enanas blancas, muy calientes y pequeñas) hacia arriba (que ubica a calientes y supermasivas gigantes azules, como Rigel, y también a gigantes rojas, grandes pero frías, como Betelgeuse). Insisto en algo fundamental: el camino que sigue una estrella a lo largo de su vida —que es un tiempo muy variable— depende principalmente de su masa. La mayor parte de su existencia transcurre en la secuencia principal, a la que suelen incorporarse de jovencitas, cuando empiezan a fusionar hidrógeno. Es la etapa más larga y tranquila, produciendo helio sin pausa pero sin prisa. Aquí está el Sol, y nosotros con él. Entró hace unos 5000 millones de años y se quedará todavía otros tantos.

Cuando el hidrógeno se acaba, las estrellas salen, por así decirlo, de su zona de confort, de la secuencia principal.

De forma muy genérica, hay tres posibles vías en la evolución estelar. Si la estrella es de baja masa, cuando el hidrógeno se agota, la estrella colapsa y se apaga. Sencillo. El remanente oscuro y frío se denomina «enana negra». El segundo escenario es el solar, que es el más habitual, con estrellas similares en masa a nuestra estrella. En este caso, al agotarse el hidrógeno nuclear, se consume también el de su envoltura, evolucionando hacia una estrella gigante roja. Después del hidrógeno también se consume y fusiona el helio, lo que al final la hace colapsar, y entonces se convierte en una estrella enana blanca.

Alrededor quedarán los restos del naufragio, que es lo que conocemos

como

«nebulosa planetaria».

Por último, las estrellas de alta masa son las más inestables. Se expanden y contraen según van consumiendo hidrógeno, helio y elementos fusionados cada vez más pesados hasta llegar al hierro, que ya no se puede fusionar. Al final, los remanentes estelares de la gigantesca estrella también colapsan, pero de una forma mucho más violenta que la anterior, dada la abundancia de elementos pesados que hacen triunfar a la gravedad frente a la radiación. Se produce así la supernova. Según «el límite de Chandrasekhar», si la masa de esta supergigante es mayor que 1,4 veces la masa solar, se formará una densísima estrella de neutrones. Si todavía es mayor, del orden de 3 soles, nuestra estrella acabará convertida en un bonito agujero negro. O feo. No lo sabemos porque no hay retratos muy buenos.

En la evolución estelar casi todas las estrellas se expanden al consumir el hidrógeno de las capas externas, aunque no por eso son más calientes. De hecho, una de las mayores estrellas conocida es una hipergigante roja que está a unos 5100 años luz y a una temperatura de unos 3365 K. Se llama UY Scuti, y tiene un radio 1708 veces más grande que el Sol o, equivalentemente, un volumen 5000 millones de veces mayor. Su brillo es variable, pero suficiente (máximo de

+8,3) como para que esté catalogada desde 1860 por astrónomos del Observatorio de Bonn. En el verano de 2012 fue medida por astrofísicos del telescopio VLT en Chile. Para que te hagas una idea de lo grande que es, tiene unas 2000 veces el tamaño de la conocida Betelgeuse y, si fuera nuestro Sol, llegaría casi hasta la órbita de Saturno.

La lista de estrellas gigantes cambia casi a diario. La primacía en 2020 está entre la Stephenson 2-18 y la Westerlund 1-26, que podría tener, si los cálculos son correctos, unos 2544 radios solares. Sin embargo, las estrellas más pequeñas no tienen más allá de unos veinte kilómetros de diámetro. Nos referimos, claro está, a las compactísimas estrellas de neutrones. La más diminuta que aparece en las clasificaciones es la PSR B0943+10. Este extraño nombre designa a un púlsar situado a unos 2000 años luz de la Tierra y descubierto con el radiotelescopio soviético de Pushchino en 1968. Solo tiene 2,6 kilómetros de radio. Fue también el primer púlsar descubierto por astrónomos soviéticos. Los púlsares merecen, por razones que enseguida vas a comprender, una historia completa aparte.

A mediados de los años sesenta un radioastrónomo británico, Antony Hewish, avanzaba en los estudios teóricos y experimentales de parpadeos y cambios de brillo aparentes en fuentes de ondas de radio relacionados con el plasma —otra vez simplificando, este es un estado de la materia similar al gaseoso pero cargado eléctricamente, o ionizado—. Aunque estemos acostumbrados a la típica retahíla de «sólido, líquido y gaseoso», el plasma es el cuarto estado de agregación de la materia y el más abundante en el universo. De hecho, las estrellas son plasmas calentados por la fusión nuclear. También los rayos son plasmas y, por supuesto, las pantallas de los modernos televisores.

Hewish propuso la construcción de un nuevo instrumento en el Observatorio de Radio Astronomía Mullard, de la Universidad de Cambridge, formado por un sinfín de pequeñas antenas trabajando a una frecuencia de radio de 81,5 MHz. El montaje, que ya no existe, era algo laborioso. Las pequeñas antenas estaban tan juntas que, para cortar la hierba entre ellas, el personal tenía que recurrir a ovejas

hambrientas porque no cabía una máquina cortacésped convencional. El instrumento se denominaba en inglés Interplanetary Scintillation Array, aunque terminaría llamándose, lógicamente, Pulsar Array.

Antony Hewish contaba con una excelente estudiante de doctorado, la joven norirlandesa Jocelyn Bell. En julio de 1967, Bell detectó una señal extraña en los papeles que iba escupiendo el registrador gráfico del instrumento. Eran pulsos regulares con una frecuencia de entre uno y tres segundos. Tal regularidad en señales de radio tan cortas hizo pensar a ambos que podía tratarse de una señal extraterrestre, en el sentido de una señal enviada por alienígenas o tal vez algo peor. Tanto es así que bautizaron a la misteriosa señal como LGM —Little Green Men—, con bastante buen humor. Como no estaban muy convencidos de haber encontrado hombrecillos verdes con ganas de conversación, siguieron buscando en otras zonas del cielo señales similares, y encontraron otras tres. Así que lo que sea que fuera debía de ser tan natural como la leche de las ovejas que balaban a su alrededor.

Aunque Hewish postulaba que eran meras interferencias con emisiones terrestres, las señales resultaron ser púlsares —pulsating star—, estrellas emitiendo radiaciones muy intensas a intervalos regulares y muy cortos; están formadas principalmente por neutrones, con un intenso campo magnético que produce la emisión de estos pulsos de radiación electromagnética. Y además rotan. En palabras de la propia Bell: «Son algo así como un faro. Y son el resultado de una

explosión catastrófica de una gran estrella de un tamaño diez veces mayor que nuestro Sol».

El primer púlsar detectado por la pareja Hewish-Bell ya no se llama LGM, sino PSR B1919+21, y tiene un período exacto de 1,33730113 segundos. Hoy hay catalogados más de 600 púlsares, con períodos tan pequeños como 0,001

segundos (aunque normalmente giran en torno a los 0,6 segundos). Tal vez el más conocido es el resultado de la explosión de la supernova del año 1054, y que hoy se puede detectar en su remanente, la famosa nebulosa del Cangrejo (PSR

B0531+21, un púlsar/estrella de neutrones de solo diez kilómetros de radio).

En la práctica, encontrar un púlsar equivale a encontrar la relación entre una supernova y una estrella de neutrones en rotación. El final de la historia del descubrimiento de los púlsares es agridulce. En 1974 Antony Hewish recibió el Premio Nobel de Física junto con Martin Ryle, un reputado radioastrónomo.

Jocelyn Bell quedó fuera del galardón, aunque su nombre iba en segundo lugar

en la publicación que reveló el hallazgo y era la encargada de revisar hasta treinta metros de registros en papel cada noche. A pesar de la controversia, azuzada especialmente por el metomentodo y rencoroso Fred Hoyle, Jocelyn Bell nunca ha querido entrar en la polémica, afirmando —tal vez bondadosamente, y es que la Bell también pertenece a los cristianos cuáqueros, como Eddington— que estos galardones no tienen que ser concedidos a estudiantes salvo en cuestiones excepcionales, puesto que la responsabilidad final del hallazgo recae siempre sobre el director de tesis. En cualquier caso, también Bell ha reconocido que su carrera ha sido —está siendo— muy fructífera a pesar de no haber sido premiada; de hecho, ha superado con creces la ya de por sí gran fama de su mentor, que se mantuvo sorprendentemente lúcido hasta su reciente muerte en 2021.

Ya con Hewish sobre el planeta, todavía estaba en activo otro de esos astrónomos cuya vida pareció dedicarse por completo a hacer la nuestra más fácil. Ahora que estamos viendo que hay miles y miles de galaxias, y un variopinto muestrario de objetos estelares —nebulosas de polvo estelar sin más, nebulosas planetarias, remanentes de supernovas, clústeres o cúmulos de estrellas, cúmulos globulares de

estrellas, etcétera—, recordarás que fueron los Herschel (padre, hermana e hijo) los últimos en intentar catalogar todas estas cosas, y Charles Messier el primero. Con los años, los telescopios crecieron, los astrónomos se multiplicaron —principalmente de día, insisto— y el volumen de objetos localizados en el cielo creció de forma desproporcionada. Con la llegada de la fotografía, el asunto se fue completamente de las manos. En estas situaciones siempre aparece alguien tranquilo y paciente, con mucho tiempo libre y docenas de lápices afilados.

Toca mencionar al danés John Louis Emil Dreyer, que dedicó su vida a dos grandes obras. La primera, publicada en 1890, una monumental recopilación de la vida, trabajo y legado de su ilustre compatriota Tycho Brahe, nada menos que en quince volúmenes a pagar en cómodos plazos. La segunda es la más conocida: el New general catalogue of nebulae and clusters of stars. La primera edición, aparecida en 1888, ya contenía 7840 de estos objetos, lista que fue ampliada en los Index catalogues con 5386 más.

Si eres aficionado a la astronomía, ya sabrás que estos miles de objetos se conocen con las siglas NGC o IC seguidas de un número, que corresponden principalmente a los que Dreyer les asignó. Debido a las fechas en que se

publicaron estos primeros catálogos, hay múltiples errores, duplicidades y omisiones que tuvieron que ser subsanados. Así que en 1973 se publicó el Revised new general catalogue (RNGC), y en 1988 y 1993, otras revisiones mejoradas. El último proyecto es el NGC/IC, una colaboración entre astrónomos profesionales y aficionados que arrancó en 1993 y terminó en 2017 con el catálogo completo corregido, incluyendo fotografías y datos astronómicos básicos de todos los objetos. Ideal para crear afición.

Aunque el NGC es un catálogo astronómico histórico, el número de los actuales lleva camino de hacerse tan grande como sus propios contenidos. La lista es interminable, pero por fortuna también las modernas bases de datos que los enlazan. Otro catálogo conocidísimo entre los astrónomos es el llamado 2MASS23 —Two Micron All-Sky Survey—, en el que se incluyen no solo estrellas, sino también enanas marrones, estrellas de baja masa, nebulosas, cúmulos estelares y galaxias. Este enorme proyecto se llevó a cabo entre 1997 y 2001 sumando datos de observatorios de telescopios expresamente dedicados a esta tarea, uno del hemisferio norte (Monte Hopkins, en Arizona) y otro del sur (Cerro Tololo, en Chile). El brutal resultado es de más de 300 millones de fuentes puntuales catalogadas

(principalmente estrellas, planetas y asteroides) y más de un millón de fuentes extensas (nebulosas, cúmulos y galaxias, entre otras). Se puede consultar fácilmente desde 2003.

Otros inmensos catálogos recientes son el no menos famoso SAO —del Smithsonian Astrophysical Observatory— y su sucesor, el PPM Star Catalogue.

También el USNO-B1.0 y sucesores —del U. S. Naval Observatory—, que superan los mil millones de estrellas, y el GSC —Guide Star Catalogue—, disponible en línea y originalmente pensado para guiar el telescopio espacial Hubble; en su (pen)última versión ya contenía casi mil millones de estrellas, hasta la magnitud +21.

Te parecerán muchas o pocas, depende de cómo lo mires. Si piensas que en 2020

hay unos 1400 millones de habitantes solo en China, no es para tanto, ya que casi salimos a una estrella catalogada por cabeza. En resumen, que si una de estas noches descubres o crees descubrir algo nuevo allá arriba, antes de dar una rueda de prensa o un directo por YouTube, asegúrate de que nadie lo ha visto antes consultando cualquiera de estas astronómicas masas de información, y así no tendrás que publicar un libro excusándote.

He dejado deliberadamente para el final la explicación del título de este capítulo.

¿Cuántas veces has oído la famosa frase «Somos polvo de estrellas»?

Seguramente que muchísimas. Como casi cualquier otra que tenga que ver con la astronomía recientemente, se le suele atribuir a Carl Sagan. Ni viviendo doscientos años Sagan podría haber dicho todo lo que dicen que dijo. Aunque no fue el primero que la usó, sí fue de largo el más influyente. Ya en el primer episodio de Cosmos, emitido en 1980, Sagan leyó: «El cosmos está dentro de nosotros: estamos hechos de materia estelar, y somos el medio para que el cosmos se conozca a sí mismo».

Si has leído algo más de Sagan, tal vez te suene otra cita de su ensayo de 1973, titulado La conexión cósmica. Allí Sagan escribió también: «Nuestro Sol es una estrella de segunda o tercera generación. Todo el material rocoso y metálico que pisamos, el hierro en nuestra sangre, el calcio de los dientes y el carbono en nuestros genes fueron producidos hace mil millones de años en el interior de una estrella. Estamos hechos de materia estelar». Y así es. Después del Big Bang al que

tantas vueltas estamos dando, la única materia que existía eran los átomos de hidrógeno, átomos que (largo tiempo después) dieron lugar a las primeras estrellas. Por eso, las estrellas más viejas son las que menos metalicidad presentan, siendo casi exclusivamente hidrógeno y helio. Nos faltaba esta categoría.

La estrella más vieja conocida es la llamada estrella de Cayrel (técnicamente BPS CS31082-0001, y su padre es el astrónomo francés Roger Cayrel), que tiene la friolera de 12.500 millones de años y está a una distancia de unos 14.000 años luz, en el halo galáctico de la Vía Láctea.

Casi todos los elementos químicos que conocemos se formaron dentro de las estrellas. En unos pocos minutos tras el Big Bang solo se sintetizó hidrógeno, helio y un poco de litio, el tercer elemento de la tabla periódica. Esta tabla ya ha cumplido 150 años desde que fue confeccionada en 1869 por el genial ruso Dimitri Mendeléyev, y ya tiene 118 elementos. La generación de otros elementos químicos se detuvo muchísimo tiempo. Unos cien millones de años después se empezaron a formar las primeras estrellas. Y allí, en su interior, el hidrógeno se fusionó en helio, este en berilio, luego apareció el carbono, el oxígeno y otros más hasta llegar al pesadísimo hierro, que, a diferencia de los anteriores, no puede fusionarse y no libera energía, sino que la consume. Es la llamada

«catástrofe del hierro».

El colapso conocido en una supernova expulsa las capas de material estelar a velocidades hasta de 40.000 km/s, regando el universo de los elementos que contenía la estrella, como silicio, fósforo, azufre y muchos otros. Y también propicia la formación de metales, como el cobre o el zinc. Y acelera partículas a velocidades cercanas a la lumínica generando los llamados «rayos cósmicos», donde se producen más elementos gracias a la fisión nuclear, como el boro.

Otros elementos más escasos, como el oro, el platino y casi todos los radiactivos, se cree que se producen en colisiones entre estrellas de neutrones, que también son mucho más raras que las supernovas. Otros son restos de enanas blancas, como los lantánidos.

En definitiva, casi todo viene de las estrellas. En un famoso artículo de 1957,

«Synthesis of the elements in stars», se establecieron las bases de la llamada

«nucleosíntesis». Lo firmaban Margaret Burbidge —fallecida en 2020 a la edad de cien años—, su esposo George, William Fowler y Fred Hoyle. Los astrofísicos lo conocen como el B2FH, por las iniciales de los apellidos de sus autores. Solo Fowler recibió el Premio Nobel de Física por ello en 1983

(compartido al límite con Subrahmanyan Chandrasekhar), y ya sabemos cómo se puso Fred Hoyle al respecto. El resumen es que todo es polvo de estrellas…, salvo las primeras estrellas.

¿Y qué hay de la famosa frase de Sagan? Pues que no es de Sagan, sino que parece ser de uno de nuestros héroes habituales: Harlow Shapley. Ya he perdido la cuenta de todo lo bueno relacionado con este señor. En una entrevista que le hizo el New York Times en 1929, dijo: «Estamos hechos de la misma materia que las estrellas, por lo que, cuando se estudia astronomía, estamos investigando de algún modo nuestra ascendencia remota y nuestro lugar en el universo de la materia estelar». Dicho quedó. Somos polvo de estrellas… debidamente reciclado.

XVI

El túnel sin luz

Ahora te voy a contar una curiosa historia que, en principio, nada tiene de astronómica. 20 de junio de 1756, Calcuta, India. Guerra colonial indobritánica.

El nabab o virrey de Bengala, un tal Siraj ud-Dulah, toma con sus hombres el fuerte William. No se sabe el número exacto de prisioneros, tal vez unos setenta soldados ingleses y otros tantos civiles que se refugiaban en el fuerte.

John Holwell, un superviviente del ataque, escribió en sus memorias que fueron 146, a los que encerraron en un cuarto oscuro de 4,5 por 5,5 metros. No menciona la altura del recinto, pero es casi imposible imaginarse cómo pudieron meterlos en un espacio tan pequeño. Tal vez no fueran tantos. La primera noche fallecieron 43 por asfixia. Holwell aseguró que el cuarto era un calabozo enrejado que se usaba para encerrar a tres o cuatro personas. Durante el día muchos más murieron de sed, aplastados o víctimas de otros prisioneros luchando por conseguir la escasa agua que los vigilantes les llevaban. A la mañana siguiente avisaron al cruel nabab, que ordenó complacido abrir la puerta.

Solo quedaban vivos 23 ingleses.

Esta historia es verídica, aunque se duda mucho tanto de los números como de la imaginación del narrador, y cien versiones diferentes circulan por los libros e Internet. En solo 25 m^2, tal cantidad de personas supone apenas 0,172 m^2 per cápita; para que te hagas una idea, en un vagón de metro abarrotado en hora punta la ocupación estimada es de unos 0,28 m^2 por usuario para evitar la falta de aire. Del metro y medio de distancia recomendada en las medidas anticovid-19, mejor ni hablamos. Por cierto, se me olvida lo fundamental: este episodio terrible se conoce como el Agujero Negro de Calcuta.

Creo que ya has adivinado de qué vamos a hablar, mi perspicaz amigo. El rotundo calificativo en astrofísica de black hole («agujero negro»)24 fue propuesto por el físico estadounidense John Wheeler en 1969 para definir lo que

ocurría cuando una estrella colapsaba completamente por la acción de la gravedad. Pero el término parece ser anterior, que lo usó Robert Dicke —te acordarás, el señor que buscó e identificó la radiación del fondo cósmico de microondas— en 1960, al recordar la tremenda historia que acabo de contarte y encontrar una analogía directa para describir este fenómeno de masas. O, al menos, eso parece que dijo otro físico chino que trabajó durante treinta y cinco años en la NASA, Hong-Yee Chiu. También lo usó en 1964 la periodista de la revista Life Ann Ewing.

Para contar una parte de la historia de los agujeros negros —es imposible resumir la enorme literatura al respecto, e imagina toda la ciencia ficción que se ha escrito con este misterioso objeto estelar como protagonista—, nos vamos a remontar al siglo XVIII, para conocer a un científico y clérigo inglés que, quizás como británico y coetáneo, tuviera conocimiento de los sucesos de Calcuta (en 1756 tenía treinta y dos años). A John Michell, nuestro siguiente invitado, se le ocurrió algo muy brillante. Después de dar por buena la teoría corpuscular de la luz de Newton (la luz eran partículas minúsculas), razonó que los corpúsculos que venían de las estrellas se ralentizarían por el tirón gravitatorio de las mismas.

Esto podría servir, por ejemplo, para calcular la masa de la estrella. Pero en el hipotético caso de que la estrella tuviera la masa suficiente como para impedir que los corpúsculos alcanzaran la velocidad de escape, estos no saldrían. Michell ya conocía que esa velocidad en la Tierra es de 11,19 km/s, y en el Sol, de 617,7

por tener mucha mayor masa. Y calculó que de una estrella 500 veces

mayor que el Sol no podría escapar la luz, y, por tanto, sería invisible. ¿Se puede ser más visionario que este hombre? Se me antoja difícil, pero continúo.

John Michell sugirió ya en 1784 que podían existir estas estrellas oscuras en el universo, y que podrían detectarse por la atracción gravitatoria sobre otras estrellas visibles. Y esto es justo lo que ocurre realmente, por ejemplo, en los sistemas de estrellas compactas binarias de rayos X que veremos. Tenemos identificados como una docena de agujeros negros —o candidatos— que presentan este comportamiento. La formidable intuición de John Michell asombra aún hoy, y más teniendo en cuenta que en su época solo se conocía la mecánica newtoniana. Su teoría fue casi ignorada —salvo, quizá, por Pierre-Simon Laplace—, y Michell murió, según las notas acerca de su biografía redactadas por la Sociedad Americana de Física, «en una tranquila oscuridad».

En ciencia, en muchas ocasiones la teoría se adelanta a la observación. Si un

buen modelo matemático encaja con algunas observaciones experimentales, es muy posible que permita predecir otras con un cierto grado de fiabilidad. Ya vimos algo de esto en la radiación cósmica del fondo de microondas, y también en las ondas gravitatorias, cuya dificilísima detección se hizo de rogar. Como en este último caso, los agujeros negros nacieron primero sobre el papel, y también como consecuencia de la formidable teoría de la relatividad general de Albert Einstein, de 1916.

Uno de los primeros en plantear una solución exacta de las ecuaciones de campo fue el alemán Karl Schwarzschild (13 letras y solo 2 vocales en su apellido: escribir bien su nombre en los exámenes ya te subía un punto la nota).

Schwarzschild fue un inteligentísimo físico pionero de la mecánica cuántica —

que tan poco gustaba a Einstein— y que, desafortunadamente, pudo haber descubierto muchas más cosas si la vida le hubiera dado más tiempo. Falleció con solo cuarenta y dos años en plena Primera Guerra Mundial de una enfermedad tan extraña como horrible llamada pénfigo. También conocido como

«fuego salvaje», es una enfermedad autoinmune que se caracteriza por unas terribles y dolorosísimas ampollas purulentas en toda la piel. Si

no se trata, produce una muerte espantosa, precedida por una inexplicable mejoría que anuncia el fatal desenlace. Antes de que esto ocurriera, publicó unos cuantos resultados espectaculares sobre la atmósfera solar, la radiación estelar y la electrodinámica.

Pero el más conocido es, sin duda, la mencionada solución particular a las ecuaciones de Einstein, hallada escasamente un mes después de ser publicadas.

En esencia, viene a decir algo muy parecido a lo que había propuesto el clérigo Michell con la mecánica newtoniana: un cuerpo supermasivo tiene una velocidad de escape mayor que la de la luz, y el radio de esta esfera —o radio de Schwarzschild— será proporcional a su masa atractora, dentro de la cual ni siquiera la luz podrá escapar.

Un ejemplo sencillo muy conocido es que si fuéramos capaces de comprimir toda la masa de la Tierra hasta que no fuera más grande que una esfera de nueve milímetros de radio —su radio de Schwarzschild—, habríamos convertido a la Tierra en un agujero negro. El Sol habría que comprimirlo un poco menos para obtener el mismo resultado: hasta unos tres kilómetros de radio. Esta solución parece muy facilona, pero parte de la premisa de que el universo está vacío, salvo por la concentración de energía en un punto, en una singularidad. Ahora viene una casualidad numérica fascinante.

La masa del universo observable se calcula que es de unos $8{,}8 \cdot 10 + 52$ kg. Con este valor, el radio de Schwarzschild sale aproximadamente igual a unos 13.700

años luz. Pero no te ilusiones, es solo la parte observable, no el universo completo.

Einstein quedó encantado con la primera solución exacta a su modelo, aunque ni él ni Schwarzschild pensaron nunca que fuera algo más allá que una mera solución matemática, y no una realidad física tangible. De hecho, el gran Eddington especuló en 1926 con este radio crítico planteándose la posibilidad de que una estrella tuviera toda su masa comprimida dentro del mismo. Eddington concluyó, erróneamente, que tal masa produciría una deformación tal en el espacio-tiempo que se cerraría sobre la estrella, dejando a todo lo demás —

incluyéndonos a nosotros mismos— fuera del universo. Menos mal.

En 1931, el indio Subrahmanyan Chandrasekhar siguió echando números y letras griegas con la relatividad. Por encima de cierta masa (1,4 veces la solar, su famoso y mencionado «límite»), una estrella no

tendría una solución estable y colapsaría, aunque Eddington y otro sabio como el soviético Lev Landau, seguían empeñados en que no ocurriría tal inestabilidad.

Todos tenían parte de razón: una enana blanca por encima del límite de Chandrasekhar efectivamente colapsa en una estrella de neutrones, pero esta es estable. Sin embargo, en 1939 otros físicos predijeron que, más allá de este límite, había otro (el valor actual es de unas tres masas solares) en las que ninguna ley física impediría el colapso total.

El principal valedor de este segundo límite estelar es un genial y discutidísimo físico estadounidense que seguramente también te suena. Para unos fue un dios y para otros el demonio. Me refiero al padre de la bomba atómica, el neoyorquino Robert Oppenheimer. Estrictamente no fue un astrónomo ni un astrofísico, pero no me resisto a contarte algunas cosas de su vida. Con la certeza de que no todo el mundo está de acuerdo en su figura…, pero sobre todo en su obra.

Oppenheimer era hijo de un emigrante alemán que había hecho fortuna. Estudió Química en Harvard y más tarde Física en Europa. Era tan inteligente como torpe en el laboratorio, así que se decantó por la física teórica. En 1926 se fue a Alemania, a la Universidad de Gotinga. Por allí pasaron muchos de los mejores físicos de la época, como su propio director de tesis, el no menos genial Max Born, que fue premio Nobel de Física en 1954 por sus trabajos en el campo de la

mecánica cuántica. Con veintitrés años, ya doctorado, Oppenheimer regresa a Harvard, y al año siguiente comienza a trabajar en el Caltech. Sí, en efecto, puedes imaginártelo como a Sheldon Cooper si quieres. De hecho, si miras sus fotos de juventud, verás que tiene un cierto parecido con el actor Jim Parsons: alto, delgado, de aire inseguro, tímido y ojos claros.

En 1939, trabajando con el estudiante ruso George Volkoff en la Universidad de California (y a partir de resultados previos de su entonces amigo y colega Richard Tolman), encuentra el límite superior para la masa de las estrellas de neutrones. Se conoce como «límite TOV», por Tolman, Oppenheimer y Volkoff.

Y un poco más tarde, junto con otro de sus alumnos —Hartland Snyder—, publicó un artículo («On continued gravitational attraction») en el que ya se infería la existencia de lo que unos pocos años después se conocieron como agujeros negros. Sus biógrafos, que son legión, afirman que pudo recibir el Premio Nobel de Física

precisamente por este descubrimiento de no haber fallecido en 1967. Desde luego, a nadie se le ocurrió proponerlo nunca para el Premio Nobel de la Paz.

A partir de aquí empiezan los sinsabores. La cabeza de Oppenheimer fue a menudo una jaula de grillos, alternando períodos de gran lucidez con otros de negra depresión. Puede parecer extraño que a una persona que incluso intentó asfixiar a un amigo (a Francis Fergusson en París en 1924, simplemente porque este le dijo que se iba a casar) se le pusiera al frente del formidable proyecto que daría como fruto el arma más abyecta que el ser humano ha creado. O tal vez por eso mismo. La frontera entre la genialidad y la locura es una línea muy fina.

Como le ocurría al propio Newton, en ocasiones Oppenheimer se olvidaba de comer durante días, tanta podía llegar a ser su concentración y sus obsesiones.

Entonces solo fumaba, y de forma compulsiva (falleció a consecuencia de un cáncer de garganta).

A pesar de ser poco sociable —sus grandes amores eran la física y el desierto de Nuevo México, donde adquirió un rancho—, sus alumnos lo admiraban, incluso imitaban su forma de hablar y de caminar. Como profesor, era modélico y apasionado, su despacho estaba abierto día y noche para resolver cualquier cuestión científica. Pero su pensamiento e ideología eran contradictorios. En su juventud Oppenheimer parece que fue un ferviente comunista, llegando —tenía una pequeña fortuna familiar— a financiar la causa republicana en la Guerra Civil española (por suerte para nosotros, le cogió de joven inexperto en el desarrollo de la bomba atómica). Incluso se casó con una estudiante radical,

divorciada de un comunista miliciano que murió aquí en el frente de batalla.

Sin embargo, al empezar la Segunda Guerra Mundial, a Robert Oppenheimer le faltó tiempo para, junto con un pequeño grupo de científicos, pedir vehementemente que se les asignara el proyecto de la bomba. No solo lo consiguió, sino que el Pentágono lo nombró director científico del que fue conocido como Proyecto Manhattan. Todo el mundo se sorprendió, porque sabían tanto del pasado comunista como de la inestabilidad emocional de Oppenheimer, pero su enorme dominio de todos los aspectos científicos del proyecto lo convertían en la persona idónea. El 16 de julio de 1945, el primer

ensayo nuclear de la historia se produjo muy cerca de su rancho, en Alamogordo (Nuevo México), el lugar escogido por él. Algunas fuentes afirman que ese día dijo algo tan trascendente como: «¡Ahora me he convertido en la Muerte!», pero parece que realmente solo dijo: «¡Pues funciona!». La guerra, mientras tanto, seguía su curso implacable.

Su equipo de científicos se dividió al respecto del uso de la bomba. Unos opinaban que bastaba con mostrar su enorme potencial destructor para hacer desistir a los japoneses de continuar la contienda. Pero otros, como Oppenheimer, se mostraron tajantes e inflexibles, impidiendo que la carta en la que se pedía que la bomba no se arrojara sobre objetivos civiles llegara al presidente Truman. El resultado ya lo sabes. El 6 de agosto Little Boy redujo a cenizas la ciudad de Hiroshima, y tres días después Fat Man hizo lo propio con Nagasaki. Oppenheimer nunca se arrepintió, aunque lamentó públicamente el horror que se vivió (estas frases tan propias de políticos mediocres quizá no deberían incluirse en un libro como este, que se supone alegre). Los años siguientes fueron difíciles para Oppenheimer. Acabada la guerra, lo volvieron a acusar de comunista, ocupó varios cargos académicos y, tras ser rehabilitado por el presidente Johnson a los pocos días de ser Kennedy asesinado, se retiró a vivir a Saint John, en las islas Vírgenes.

Y tras contarte dos historias bastante desagradables, podemos ir con cuestiones más animadas, que falta nos hace. Una vez superada la Segunda Guerra Mundial, el número de físicos que se dedicaron a profundizar en las enormes posibilidades teóricas y prácticas de la relatividad general fue en aumento.

Einstein falleció en 1955 en Princeton, pero su influencia en toda la física del siglo XX fue decisiva. El siguiente nombre que te cito es el de David Finkelstein. En 1958, junto con su amigo Charles Misner, fue capaz de identificar la mencionada superficie de Schwarzschild como un «horizonte de

sucesos». Este concepto lo habrás visto mencionado muchas veces en los libros, y ni te cuento en las películas de ciencia ficción. Es una frontera en el espacio-tiempo tal que lo que ocurre a un lado no puede afectar a un observador situado en el otro lado.

En palabras sencillas, Finkelstein probó teóricamente que si algo cae más allá de esta frontera o superficie, no volverá a salir, puesto que es unidireccional. Su colaborador, Charles Misner, fue años más tarde reconocido y recordado por su enorme libro Gravitation (1973), tanto por su extensión —1279 páginas— como por su importancia. Este

libro de texto ha sido considerado por muchos como la biblia de la teoría general de relatividad, y fue escrito por Misner junto con Kip Thorne y John Wheeler (también se le llama MTW, por las iniciales de sus apellidos). Ya los conocemos a todos. No te recomiendo que intentes leerlo a no ser que estés muy desesperado y aburrido. Muy pesado, como la temática. Ha sido revisado y reditado en 2017.

Tras el trabajo de Finkelstein y, sobre todo, el hallazgo de los púlsares (estrellas de neutrones) por parte de Jocelyn Bell en 1967 —un agregado que existía sobre el papel pero cuyo descubrimiento no dejó de sorprender a casi todos—, se abría la puerta a encontrar algo más. Las curiosidades matemáticas podían cobrar vida tras los colapsos gravitatorios.

En los años siguientes un buen número de físicos teóricos siguieron encontrando soluciones a las ecuaciones bajo algunos supuestos cada vez menos restrictivos.

Así, el matemático neozelandés Roy Kerr, aún en activo, descubrió una solución exacta a las ecuaciones de campo de Einstein para un agujero negro en rotación.

Un par de años más tarde, un tal Ezra Newman amplió la solución a un agujero negro en rotación y eléctricamente cargado. Y muchos otros más.

Aceptar que hemos encontrado algo que podamos identificar como un agujero negro es complicado. No les gustan las fotos ni la publicidad. La opción más sencilla para saber que está ahí es observar lo que le ocurre a una estrella compañera, en el caso de un agujero negro producto del colapso supermasivo de otra estrella. Es lo que sucedió en 1964.

Imagina que tienes un sistema binario formado por una de estas cosas en compañía, por ejemplo, de una estrella hipergigante a la que, poco a poco, va devorando su masa en plan Saturno y sus retoños. Pues bien, esto es por ejemplo

Cygnus X-1. En el año citado, y por vez primera, un detector de rayos X

instalado en un pequeño cohete suborbital localizó esta extraña formación. Años más tarde, el objeto compacto del sistema binario se identificó como un pequeño agujero negro de unas 14,8 masas solares orbitando juntamente con una estrella supergigante azul (de unas 25 masas solares) que emitía rayos X muy energéticos unas mil veces por

segundo, como consecuencia del disco de acreción formado por la atracción gravitatoria de su vecino caníbal. Está relativamente cerquita, a unos 8200 años luz de nosotros, pero no temas por tu suerte si no has hecho nada malo.

Otro sistema bastante conocido entre los astrónomos es el GRO J1655-40, descubierto en 1994. En este caso, el gas que rodea a la estrella visible (de unas seis masas solares) brilla unas 450 veces por segundo debido a la rápida rotación del agujero negro. La interacción entre ambos astros ha despojado ya de masa a la estrella, formando un disco de material alrededor del sistema. Es algo así como un miniquásar, por su parecido con los llamados «núcleos galácticos activos» (AGN, por su sigla en inglés).

¿Y qué es una galaxia activa o AGN? Aquella que emite más luz de la que podríamos calificar como normal procedente de las estrellas y el gas que contiene. Aparentemente esta enorme radiación extra proviene de su centro compacto. Desde hace mucho tiempo, los astrónomos están convencidos de que casi todas las galaxias tienen agujeros negros supermasivos en sus núcleos.

Aunque en la mayoría de las galaxias parecen estar inactivos, en unas cuantas aún caería materia sobre ellos. Y este proceso genera brillantes ráfagas de radiación de altas energías. Junto al denso disco de acreción —esa rosquilla que forman el polvo y gas estelares girando y cayendo inexorablemente hacia el agujero negro—, se producen dos finos chorros perpendiculares de radiación debido al intenso campo magnético que rodea al monstruo.

En líneas generales, los expertos dividen los AGN en cuatro tipos: las radiogalaxias (que emiten las ondas de radio más intensas del cielo, como por ejemplo NGC 383); las galaxias Seyfert, en las que, además de las líneas espectrales habituales, aparecen otras asociadas a gas muy ionizado y cuyo desplazamiento Doppler revela enormes velocidades en la zona nuclear; los quásares, y los blázares.

Los dos primeros tipos son objetos relativamente cercanos; en las galaxias Seyfert son fácilmente observables incluso sus anillos de polvo alrededor de los

núcleos. Habitualmente son galaxias espirales. Fueron descubiertas por el estadounidense Carl Seyfert en 1942. Especialmente famoso es el llamado

«sexteto de galaxias de Seyfert». Este trabajó principalmente en el

observatorio de Monte Wilson. Fue un innovador en técnicas de instrumentación astronómicas, sobre todo en electrónica, con la utilización de los novedosos tubos fotomultiplicadores. Falleció de un tonto accidente de tráfico en 1960

antes de cumplir los cincuenta años.

Sin embargo, los quásares y los blázares son objetos muy lejanos. Los primeros, cuasi-estrellas, son puntos luminosos semejantes a estrellas variando de forma extrema tanto en frecuencias de radio como en luz visible. Su redshift es enorme (incluso más de 7,5), pero no es solo que estén muy lejos, es que además tienen núcleos muy brillantes, supuestamente agujeros negros supermasivos en su núcleo galáctico. Hasta hoy se han catalogado unos 200.000, estando el más lejano a unos 13.000 millones de años luz. El más brillante conocido es el 3C

273, en la constelación de Virgo, a unos 2200 millones de años luz. Su magnitud aparente es +12,8. Cuando echaron cuentas, los astrónomos dedujeron que, a tal distancia, este formidable objeto tenía una luminosidad unas cien veces mayor que toda la Vía Láctea junta. Fue el primero en ser identificado en 1962.

Sin duda, los quásares son algunos de los objetos más maravillosos, misteriosos y enigmáticos de los cielos. Y los blázares parecen ser un tipo particular de quásar, pero apuntan su chorro de radiación directamente hacia la Tierra. Esta misma radiación nos oculta la lejana galaxia de la que provienen. De ambos se cree que son los primeros estados de evolución de las galaxias, de ahí su extrema lejanía y gran actividad.

Por poner un ejemplo curioso de los extrañísimos blázares, citaré a TXS

0506+056, descubierto originalmente en 1983. Lo que hace extraordinario a este extraño bicho situado a unos 5700 millones de años luz de nosotros es que en 2018 fue identificado como una fuente de neutrinos de alta energía, nada más y nada menos. Antes de él, solo se habían detectado neutrinos provenientes del Sol y de la supernova SN 1987A, que estalló en la vecina galaxia de la Gran Nube de Magallanes en 1987, y que, como es tan reciente y cercana, es la mejor estudiada de todas las supernovas conocidas.

Los neutrinos son partículas elementales para echar de comer aparte. Aunque casi quedan fuera del ámbito de este libro, te diré que no tienen carga pero sí una pequeñísima masa, y que solo se ven

afectadas por la fuerza nuclear débil y la

gravitatoria. Pasan a través de la materia ordinaria sin que nos enteremos, así que son dificilísimos de detectar. Podrían explicar, o no, la materia oscura. O eso se especula.

Recapitulando, los astrofísicos clasifican los agujeros negros al menos en dos tipos: los supermasivos, de varios millones de masas solares, que se encuentran en los centros galácticos, y los estelares, producto de la implosión de supernovas, que solo tienen unas pocas masas solares —al menos tres, como ya sabemos—, pero provienen de estrellas originalmente muy masivas, de entre 30

y 70 masas solares.

Además de estos tipos, se especula con la existencia de microagujeros negros, tan pequeños que podrían llegar a evaporarse mediante la emisión de la llamada

«radiación de Hawking». Por supuesto, todavía no te he contado nada del físico más popular de la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI, Stephen Hawking. Enseguida vamos con él, aunque me temo que lo sabes ya.

Finalmente, la clasificación de agujeros negros terminaría con los IMBH —

Intermediate Mass Black Holes—. Su masa, como su nombre indica, sería mucho mayor que la de los estelares, pero mucho menor que la de los galácticos.

De momento, también son hipotéticos, como los microagujeros, pero podrían estar formados por colisiones de otros agujeros negros ya muy masivos de por sí, o por fusiones de agujeros negros con otros objetos igualmente masivos. Lo fantástico de todo este mundo de la astrofísica es que la realidad, en ocasiones, supera a la ficción.

Mientras redacto estas páginas el experimento LIGO acaba de anunciar en septiembre de 2020 una detección de ondas gravitatorias matriculada como GW190521 y ocurrida un año antes, que es el resultado de la fusión de dos agujeros negros tan masivos (85 y 66 masas solares) que no podemos explicar fácilmente. Pero ha ocurrido y ahora toca entenderlo. Tal vez encaje en esta última clasificación, pero parece poco probable que se encadenen varias fusiones de agujeros negros ya masivos para terminar chocando entre sí y formar agujeros aún más masivos, y así ad nauseam. Y es que los cúmulos

globulares, por ejemplo, con gran abundancia estelar, están compuestos por estrellas muy viejas y además poco masivas.

Ya te he explicado que era posible detectar agujeros negros por su influencia

gravitatoria sobre una estrella convencional, que sí emite radiación electromagnética y, por tanto, podemos observarla normalmente. Hay unos cuantos de estos. De momento, el mayor agujero negro de masa estelar es IC 10

X-1, descubierto en 2007 a unos 1,8 millones de años luz de nosotros, que tiene una masa entre 24 y 33 veces la solar. Entre los galácticos, el mayor hoy en día parece ser el blázar etiquetado como OJ 287. Se calcula que tiene la masa de unos 18.000 millones de soles, según Mauri Valtonen, un astrofísico finlandés.

Posiblemente sea un sistema binario y su radio de Schwarzschild iría más allá de doce veces la órbita de Neptuno.

Por descontado, el uso de la astronomía de ondas gravitatorias es el último grito en cuanto a detección de colisiones de estos monstruos. También tenemos ya unas poquitas. Pero ¿podríamos dibujar uno de estos agujeros negros? La respuesta es sí. ¿Sorprendido? No lo creo, porque también la noticia de la fotografía de un agujero negro supermasivo (de unas 6500 masas solares) localizado en el centro de la galaxia M87 dio la vuelta al mundo el 10 de abril de 2019.

¿Cómo se hizo la instantánea? Pues de forma bastante lenta, paradójicamente, y gracias al telescopio EHT —Event Horizon Telescope—. En esencia, se trata de un montón de radiotelescopios (que trabajan en el rango de las ondas milimétricas) observando conjuntamente para hacer lo que se llama

«interferometría de muy larga base» (VLBI, por su sigla en inglés). Desde México a España, pasando por Chile, la Antártida, Hawái y Arizona. Con esta técnica, que te tendrás que creer porque no tengo espacio para explicarla aquí, se consigue una resolución angular comparable al horizonte de sucesos del agujero negro. No conseguimos ver exactamente el agujero negro, sino algo así como su sombra. O su antisombra, para ser más exactos.

Lo que aparece en la famosa fotografía —búscala en Internet, es el dónut naranja

— es la luz capturada en la región deformada por la gravedad y disco

de acreción. La fotografía compuesta se corresponde bastante bien al modelo predicho por el antes citado Roy Kerr de un agujero negro en rotación, y del que se habían llevado a cabo numerosas simulaciones por ordenador. El hecho de que el resultado obtenido por todas las antenas combinadas involucradas en la observación coincida casi exactamente con las simulaciones numéricas previas da plena validez al resultado.

Y quiero añadir ahora algo más personal. Ya en 1979 alguien había hecho el

intento de dibujar un agujero negro con su disco de acreción, gran cantidad de simulaciones, horas y horas de CPU y… tinta china. Este boceto se hizo muy famoso, tanto que es el usado en la película Interstellar por Kip Thorne para Gargantúa, que es el nombre que dan al agujero negro protagonista. Gargantúa es el título de una novela del autor francés François Rabelais escrita en 1534 que narra la vida de un gigante que hace pareja con su predecesor Pantagruel. No son ogros, sino gigantes bondadosos y glotones, que siempre están en un festín. Muy apropiado el nombre para un agujero negro. Y luego los informáticos de los efectos especiales hicieron el resto. Como podrás imaginar, coincide bastante bien con lo encontrado por la técnica VLBI en el núcleo galáctico de M87. El dibujante es también un formidable cosmólogo y especialista en gravitación relativista, el francés Jean-Pierre Luminet. Y, por demás, un excelente artista, divulgador científico, novelista y poeta. Un auténtico hombre del Renacimiento trasladado —quién sabe si a través de un agujero negro — al siglo XXI. Tiene varias novelas publicadas relacionadas con los astrónomos héroes de dicho Renacimiento —como El secreto de Copérnico, o Kepler y el tesoro de Tycho Brahe— que, casualmente, me tocan muy de cerca. Hemos intercambiado alguna novela, correos y dedicatorias, aunque no hayamos coincidido nunca. Es una de esas personas con las que me gustaría charlar largamente si el covid-19 nos deja volver a hacerlo algún día. Y fue uno de los principales artífices, como cosmólogo, del justo cambio en la denominación de la ley de Hubble-Lemaître.

Un tipo admirable.

El final de este capítulo acerca de los agujeros negros tiene que estar dedicado, cómo no, a Stephen Hawking. ¿Quién no conoce o no ha leído a Stephen Hawking? Yo creo que casi nadie. Comenzando por la segunda pregunta, puede que seas uno de los 25 millones de compradores de su extraordinaria Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros, publicada en 1988.

Ese año yo había terminado Físicas en la Universidad de Zaragoza, y uno de mis hermanos me la regaló esas Navidades. Ahora no puedes verme, pero tengo ese libro aquí al lado del ordenador, para releer algunas páginas. La primera vez que lo abrí me quedé desconcertado. Fue un superventas, en solo tres días era el libro más vendido en Estados Unidos y el Reino Unido. Y, sin embargo, había capítulos que yo era incapaz de comprender en todo o en parte. ¿Cómo pudo tener tanto éxito? Con sinceridad, creo que esta es la pregunta más difícil de responder de todas las que plantea el libro.

Veintiséis años después conocí en persona a Stephen Hawking. O algo así. El saludo consistió en rozarle la mano, pero teniendo en cuenta las limitaciones afectivas que conlleva la actual pandemia, casi se puede decir que este mero gesto podía llevar a un noviazgo. Hawking visitó en dos ocasiones el Instituto de Astrofísica de Canarias; la primera en 2014, a la que me refiero, y más tarde en 2016, en la que sería investido como profesor honorario. Durante ambas visitas se movió por nuestras instalaciones, departió con estudiantes, astrofísicos e ingenieros, y dejó una huella imborrable. Huella doblemente imborrable, no solo por su popularísima figura, sino también por la marca de los neumáticos de su silla de ruedas, que, te puedo asegurar, nos puso el suelo perdido en los laboratorios de integración de instrumentación. Allí nos preguntó a unos cuantos, con su voz sintética, cuál era la magnitud límite que podía alcanzarse con EMIR

—Espectrógrafo Multiobjeto Infrarrojo—, instrumento básico hoy en el Gran Telescopio Canarias y que, en esos momentos, poníamos a punto antes de embarcarlo hacia el observatorio. Alguien contestó que +26, y le pareció estupendo.

La vida de Stephen Hawking es un auténtico manual de superación personal, de una inteligencia prodigiosa encerrada en un cuerpo inútil. Poco nuevo voy a decir aquí, puedes ver la película si te da pereza leer. Al poco tiempo de llegar a Cambridge, con solo veinte años, le diagnosticaron una enfermedad degenerativa incurable, hoy más conocida pero igualmente terrible (la esclerosis lateral amiotrófica, ELA), que lo postró en una silla de ruedas. Como él mismo cuenta, apenas le dieron unos meses de vida, así que poco sentido tenía seguir trabajando en su tesis doctoral. Pero pasado un tiempo la enfermedad pareció estancarse, se había echado novia y, dado que le hacía falta un trabajo, el doctorado era imprescindible. Y como el que no quiere la cosa, sobrevivió hasta los setenta y seis años, lo que ningún neurólogo puede explicarse. Todo lo relacionado con Hawking parece inexplicable.

En 1965 su amigo Roger Penrose —otro físico mayúsculo— ya había teorizado, usando la relatividad general, que una estrella que colapsa podía dar lugar a una región de tamaño cero y densidad y curvaturas del espacio-tiempo infinitas, es decir, un agujero negro. A Hawking le interesa ese resultado y, junto con Penrose, extiende y publica esa conclusión en 1970 afirmando que el Big Bang podría ser el resultado de una singularidad como esa. La idea sonó en principio muy extraña, pero con los años llegó a ser generalmente aceptada. Hawking añadió más tarde que la misma singularidad puede desaparecer si se tienen en cuenta los efectos cuánticos, corrigiéndose a sí mismo.

Sin embargo, aunque Hawking lo sabía todo sobre los agujeros negros, no creía en su existencia real entonces. Y aquí surge la famosa anécdota de su apuesta con Kip Thorne, el señor que después recibiría un Nobel y hace películas y otras cosas estupendas. En 1964 se había descubierto ya el enigmático objeto Cygnus X-1 —lo tienes explicado hace unas páginas—, el sistema binario formado por un agujero negro y una estrella compañera. Thorne, que trabajaba en el Caltech, defendía su existencia, y Hawking la negaba.

En 1975 firmaron una apuesta acerca de quién tenía razón. Si ganaba Hawking, Thorne tenía que pagarle una suscripción a la revista de chismes Private Eye durante cuatro años. Si Thorne tenía razón y los agujeros negros existían, sería Hawking quien le pagaría una suscripción equivalente de Penthouse —sí, la revista de chicas frescas —. En la fecha que escribió Breve historia del tiempo (Hawking cuenta la apuesta en el capítulo 6), todavía no estaba convencido de haber perdido. Sin embargo, en ediciones posteriores, reconoció que había pagado la apuesta con gusto, «con la consiguiente indignación de la esposa de Kip». A pesar de su complicada vida, nunca perdió su gran sentido del humor.

A propósito de su famoso libro, me acabo de encontrar con un dato que desconocía. En mi ejemplar de 1988, el ensayo arranca con una brevísima introducción, de apenas dos páginas, de Carl Sagan. Estas páginas desaparecerán en ediciones posteriores porque Sagan tenía el copyright sobre ellas. Piensa lo que quieras al respecto, pero no es la primera vez que leo cosas no muy agradables de los arrebatos de Sagan y su extremado sentido narcisista —por decirlo suavemente—. No se entiende en alguien como él. Pero Carl Sagan se merece, por razones evidentes, que me extienda en otro lugar de este libro sobre su vida y obra, así que sigamos hablando todavía algo más de Hawking.

Con posterioridad a sus trabajos con Penrose, Hawking abordó una cuestión paradójica. Él mismo la llamó «Los agujeros negros no son

tan negros». Había visitado Moscú en 1973 —fue un viajero incansable e hizo una cantidad de cosas durante su larga vida inimaginable para cualquiera de nosotros, que podemos movernos libremente— y debatido con Yakov Zeldovich —te lo mencioné al hablar de Gamow— y Alexander Starobinski acerca de las implicaciones de la mecánica cuántica y el principio de indeterminación en sus modelos. Los soviéticos convencieron a Hawking de que los agujeros negros en rotación deberían crear y emitir partículas y antipartículas durante brevísimos lapsos. Él rehízo los cálculos y encontró que esto tenía que ocurrir también con cualquier otro agujero negro.

Un agujero negro debe emitir partículas (+antipartículas) y radiación como si fuera un cuerpo caliente. A mayor masa, menor temperatura. Así que un agujero negro emite «radiación de Hawking» como si fuera un cuerpo negro de Planck, radiación que se extraería justo más allá del horizonte de eventos (porque del vacío no se puede). Por tanto, esta radiación reduce su masa y, si el agujero negro es suficientemente pequeño y no gana masa por otros medios, incluso lo puede llegar a evaporar. Pero tienen que ser muy muy pequeños, porque un cuerpo negro de una sola masa solar tardaría unos 10+67 años en evaporarse, más que la edad del universo.

Desde hace muchos años (por ejemplo, con el telescopio espacial Fermi, lanzado en 2008) se están buscando trazas de este hipotético fenómeno, que serían el producto terminal de la evaporación de agujeros negros primordiales, creados con el Big Bang. Se estima que su masa debe de ser aproximadamente similar o menor que la de la Luna. De momento, no se ha encontrado ninguno de estos objetos, y tampoco se ha observado la creación de ningún miniagujero negro en otras gigantescas instalaciones de física de partículas como el LHC —Large Hadron Collider—. Hawking estaba convencido de que el universo podría estar plagado de estos pequeños agujeros negros primordiales que, además, justificarían la enigmática materia oscura.

Por descontado, la figura de Stephen Hawking está también asociada a innumerables publicaciones, documentales y obras de divulgación, tanto para legos como para expertos. Fue la estrella principal en un capítulo de The Big Bang Theory, haciendo un cameo de sí mismo con el asombrado y divertido Jim Parsons, que, junto a todo el equipo de producción, declararon haber quedado encantados con la simpatía del personaje. Y eso a pesar de que, en sus últimos años, apenas era capaz de escribir una palabra por minuto moviendo levemente una de sus mejillas —eso lo he visto yo a un metro de distancia, y te puedo asegurar que me impresionó—. Recibió docenas de premios y

distinciones, la última de las cuales probablemente fue la que mi institución le entregó en 2016.

El tantas veces reclamado Premio Nobel de Física nunca llegó para él, a pesar de que la dupla Penrose-Hawking aparecía todos los años en las quinielas. Quizá los dinamiteros pensaban que, de un año para otro, el genio de Oxford —

curiosamente consagrado en Cambridge— no iba a resistir. Se equivocaron durante cuarenta años.

Mientras escribo estas páginas, acaban de conocerse los premios del año 2020: al fin lo recibirá Roger Penrose pero sin su inseparable Hawking. Lo acompañan en

el agasajo dos astrofísicos más jóvenes: Reinhard Genzel y Andrea Ghez, por sus aportaciones al estudio de agujeros negros supermasivos galácticos. Tan necesario para Penrose como injusto para la memoria de Hawking. El 14 de marzo de 2018 su familia y allegados comunicaron, simplemente, que Stephen Hawking «había muerto en paz». Su necrológica llevaba tanto tiempo escrita que a nadie le cogió por sorpresa. Sus cenizas fueron llevadas, siguiendo la noble tradición británica, a la abadía de Westminster, y se guardan entre las tumbas de sir Isaac Newton y Charles Darwin.

XVII

Espejito, espejito

La historia de la astronomía tiene un protagonista indiscutible: el telescopio.

Desde que unos artesanos holandeses —quizá, aunque tal vez fueran italianos o españoles— colocaron dentro de un tubo dos lentes de forma casual, todo cambió. Con el pasar de los años sus diseños mejoraron, sus prestaciones aumentaron, y todo se veía mejor y más claro. El concepto de telescopio es muy simple: un artefacto para ver las cosas lejanas, y nada más lejano que los objetos que pueblan el cielo. Aunque han pasado más de cuatrocientos años desde que empezamos a apuntar con ellos, el fundamento de su operación apenas ha cambiado.

Una de las cosas que más sorprende a los visitantes de los grandes observatorios

—tal vez tú— es que, cuando explicamos cómo es y cómo funciona un

telescopio, casi todo el asunto se reduce a un espejo principal por enorme que sea su tamaño. Normalmente hay dos, pero el segundo es secundario, en el amplio sentido del término. Y si quieres tres, ya estás complicando el diseño óptico casi innecesariamente. Solo necesitamos un inmenso espejo para viajar en el tiempo. Cuanto más grande sea este, más atrás retrocederemos en el reloj cósmico.

El símil habitual entre los divulgadores de escasos recursos —como yo mismo—

es que un telescopio es una enorme máquina del tiempo. Vemos cosas que están muy lejos, y esa gran distancia que tiene que recorrer la luz hasta llegar a nuestras cámaras, o a nuestros simples y limitados ojos, hace que la información que transporta nos llegue ya obsoleta. Por muy cerca que esté nuestro objetivo celeste, siempre lo veremos con retraso. Una simple foto de Saturno no se puede llamar «instantánea», porque nos muestra cómo era el Señor de los Anillos hace una hora y cuarto. Y así todo. Imagina las estrellas, las galaxias. Tal vez muchas de ellas ya no existan cuando las observamos.

Los telescopios son un invento maravilloso. Son sencillos y aguantan muy bien el paso de los años. Y no tenemos límites en su tamaño. Y, si los había, cada día aparecen técnicas nuevas que rompen esos límites. Lo veremos. Podemos decir sin temor a equivocarnos que es un campo sin puertas, que siempre podremos mejorar y aumentar las capacidades de nuestros telescopios y ver objetos más débiles y lejanos... hasta que el universo observable nos deje. Ahí sí que no podemos hacer mucho más.

El telescopio más grande del mundo actualmente en construcción (el ELT, o

«telescopio extremadamente grande») tendrá un espejo principal de cuarenta metros de diámetro. Y hay un proyecto anterior, el OWL —Overwhelmingly Large Telescope, o «telescopio abrumadoramente grande», aunque su sigla también significa «búho»—, que planteaba uno de cien metros. Si todavía no se acomete una instalación tan enorme es, simplemente, por falta de dinero.

Otra de las cosas estupendas que tienen los telescopios es que nos permiten vivir dignamente a muchos ingenieros y científicos haciendo lo que más nos gusta, sin necesidad de robar ni pedir. Estrictamente hablando, pedir sí hay que pedir, y en más ocasiones de las que nos gustaría, porque no siempre se comprende bien la utilidad de nuestro trabajo. Muchas personas —entre las que no te incluyo, faltaría más—

todavía asocian la astronomía a un romanticismo inútil sin beneficio alguno. Obviamente, nunca podrán ver más allá de sus propias narices por más telescopios que les pongas delante.

Llegados a este capítulo, ya sabemos bastantes cosas de los primeros telescopios.

De Galileo, de Kepler, de Newton. Con Galileo, los telescopios estaban formados por una lente cóncava y otra convexa, pero Kepler explicó en su libro Catoptrics (1611) cómo funcionaban mejor las cosas con dos lentes convexas. El observador de manchas solares, el jesuita Christoph Scheiner, construyó el primer telescopio kepleriano. Otro viejo amigo nuestro ya, Christian Huygens, construyó otro telescopio kepleriano realmente grande, con unos 57 milímetros de apertura en su objetivo, y una longitud focal (distancia entre el centro de la lente y el foco, punto donde se concentran los rayos paralelos de luz) de 3,7

metros. Con él descubrió Titán en 1655. Y los anillos de Saturno con solo una 1

hora y 15 minutos de retraso…

El diseño de estos primeros telescopios refractores (se denomina «refractor» al fabricado con lentes, y «reflector» al que utiliza espejos, y esta clasificación se

termina aquí, para que veas qué sencillo es todo en mi mundo ideal) estaba limitado por el problema de la aberración cromática, en el que las lentes pueden actuar indebidamente como prismas y dispersar los colores, con el consiguiente desespero del buen astrónomo. También para aumentar la magnificación era preciso aumentar la focal, y eso llevó a auténticos disparates como el telescopio construido por Johannes Hevelius en 1673, que medía… 46 metros de largo.

Obviamente no cabía en un tubo, así que se colgaba de un mástil y se izaba con una especie de grúa a base de poleas y la fuerza de varios hombres. Merece la pena que busques algún grabado y lo veas. Te puedo asegurar que ahora hacemos las cosas mucho más sencillas.

Por aquellos años se empezaron a diseñar también telescopios basados en espejos curvos. Galileo ya sabía que los espejos concentraban la luz igual que las lentes, pero nunca se le ocurrió intentarlo con estos. Entre otras cosas, porque era bastante más difícil pulir bien un espejo que una lente. El primer intento del que se tiene noticia de sustituir una lente por un espejo cóncavo parabólico de bronce data de 1616 (el primer telescopio reflector conocido), y en él fracasó el jesuita

italiano Niccolo Zucchi, posiblemente por su mal acabado. Con telescopios galileanos clásicos, Zucchi sí distinguió las bandas de Júpiter y fue uno de los primeros —o el primero— en hacerlo.

Un intento con más fundamento fue el del sacerdote y, sobre todo, matemático Marin Mersenne (en efecto, es el señor de los «números primos de Mersenne») en 1636, pero quien logró el primer diseño funcional con un par de espejos parabólicos cóncavos en el tubo de un telescopio fue el escocés James Gregory.

No llegó a construirlo porque, en palabras llanas, él mismo reconoció ser un manazas. Sin embargo, su diseño perdura, y hay aparatos denominados en su honor como «telescopios gregorianos». Y que nada tienen que ver con los monjes de Silos, que cantan composiciones del papa Gregorio I el Magno. Ni con el calendario, igualmente gregoriano pero de otro papa más adelantado en su numeración, del que ya he dado cuenta.

El primer telescopio reflector fabricado con garantía de calidad fue el de Newton en 1666. Simplificó la superficie especular a una esfera, y, como no era tan torpe como Gregory, se ocupó personalmente de todo el proceso de pulido de la aleación de estaño y plata que contenía. También añadió un pequeño espejo plano para desviar la luz hacia el ocular y poder observar cómodamente. Como ya te conté, solo hizo uno y no lo usó mucho, lo justo para observar los satélites de Júpiter y presentarlo a la Royal Society londinense. Como ya tenía 38

aumentos y ninguna aberración cromática, le abrieron las puertas de par en par.

Luego se dedicó a observar la caída de las manzanas con gran éxito. El siguiente personaje merece, aunque vaya detrás del gran Isaac Newton, un pequeño párrafo solo para él.

El francés Laurent Cassegrain fue otro sacerdote y astrónomo aficionado que vivió en la misma época que el sabio inglés. Su diseño —o supuesto diseño, ahora te explico— consistía en un espejo primario cóncavo y otro pequeño espejo secundario convexo «colgado como una araña por encima», que hacía que la luz se desviara a través de un agujero central en el primer espejo hasta el ocular. Te parecerá una idea extravagante, pero es completamente genial. Es un diseño que ha perdurado hasta para los telescopios de gran tamaño. El lugar donde se forma la imagen sigue llamándose «foco Cassegrain». Así, por ejemplo, el mayor telescopio del mundo, el GTC palmero, tiene un foco Cassegrain —además de otros— con su instrumentación acoplada

en él.

Las primeras noticias sobre este nuevo concepto son del año 1672, en una revista francesa de ciencias en la que explican su funcionamiento y otorgan su paternidad… a un tal Cassegrain, pero sin identificarlo completamente. Lo malo de este asunto es que a Christian Huygens no le gustó nada, y el holandés era mucho astrónomo en aquel entonces como para llevarle la contraria. Además, a Huygens le gustaba el diseño de Newton, que también era mucho físico como para enfrentarse a él. Así que este diseño fue olvidado durante muchísimos años, y más aún el nombre de su creador. Hasta 1997, nada menos, no se identificó a Laurent Cassegrain como el más que probable inventor de este telescopio revolucionario. Este modesto sacerdote trabajaría hasta su muerte (en 1693) como profesor de ciencias en un liceo francés de la ciudad de Chartres.

El papel de la familia Huygens (tras el padre llegó el hijo) fue dominante en la fabricación de telescopios en los comienzos del siglo XVIII. Y durante décadas los refractores eran los más fabricados y vendidos. Pero había excepciones, la mayoría británicas. La primera fue el astrónomo John Hadley, que, además de inventar el octante, rediseñó el olvidado telescopio de Newton dándole una superficie parabólica a su espejo principal. Los avances de los telescopios reflectores tuvieron mucho que ver con la mejora de las técnicas de pulido.

El siguiente y más relevante personaje en aquellos años fue James Short, otro escocés como Gregory, que cambió los estudios de teología en la Universidad de Edimburgo por los de matemáticas y astronomía. Luego se dedicó casi

exclusivamente a fabricar muchos telescopios, muchísimos. No eran caros y todo el mundo quería tener uno —y quién no—. Un telescopio de 18 aumentos costaba unas tres guineas de la época y, los más caros, los de más de 300

aumentos, unas ochocientas. Entre sus clientes más famosos se puede citar al capitán James Cook, que usaría dos de sus telescopios para observar los tránsitos de Venus en 1761 y 1769.

Durante treinta y cinco años Short fabricó unos 1360 instrumentos, la mayoría con el diseño gregoriano, lo que es una barbaridad. Si echas números, sale casi a un telescopio semanal. Al principio, para facilitar el pulido, usaba vidrio para el espejo principal, recubriéndolo luego con estaño fundido —o sea, igual que ahora más o menos—, pero más

tarde prefirió pulir el bronce y el latón. Al morir, dejó una fortuna acumulada de unas 20.000 libras, lo que equivale a unos dos millones de hoy si actualizamos el cambio. ¿Creías que no se podía ganar mucho dinero fabricando telescopios? Bueno, normalmente no es así, doy fe.

Si James Short hizo una pequeña fortuna fabricando modestos telescopios para uso casi doméstico, lo de William Herschel fue para nota. Herschel fue, sin discusión, el gran ingeniero del gremio desde 1774 hasta su muerte, en 1822. He hablado ya bastante del genial Herschel: del descubrimiento de Urano, de muchos satélites, de su enorme catálogo de nebulosas y objetos estelares, la forma de la Vía Láctea, sus infinitos listados de estrellas. Pero por delante de todas esas cosas, Herschel fue el gran constructor de telescopios. Y sus clientes ya no eran solo familias nobles y burguesas, o astrónomos en pequeñas universidades. A Herschel se lo rifaban los reyes de toda Europa. Tener un observatorio era sinónimo de prestigio, de progreso, de modernidad. Mucho más que ahora, incluso. Dónde va a parar. Infinitamente más.

El diseño más habitual de Herschel tenía una variación importante. Aunque partía de la idea de Newton de usar un gran espejo cóncavo, eliminaba el espejo plano que doblaba el haz hacia el ocular, porque le hacía perder mucha luz por el espacio ocupado y por duplicar el número de superficies reflectantes. La idea del telescopio herscheliano es inclinar levemente el espejo principal, de tal forma que el foco queda fuera del tubo y la imagen puede verse directamente. Un espejo y punto. Como le ocurriera a Newton, Herschel no veía a nadie capaz de fundir y pulir grandes piezas de bronce con la precisión que demandaba, así que sudó lo suyo para conseguirlo.

Su inseparable hermana Caroline narraba así el complicadísimo proceso:

«Cuando el metal estaba fundido en el horno y listo para verter en el molde, este comenzó a gotear y todos salieron corriendo de allí porque el suelo de piedra volaba en todas direcciones. Mi pobre hermano cayó exhausto por el calor encima de un montón de ladrillos. En la segunda colada, aunque el molde se agrietó en el enfriamiento, el espejo quedó casi perfecto».

Se calcula que Herschel fundió y pulió más de 400 espejos, de entre 6 y 48

pulgadas de diámetro, unos 122 centímetros. Los anglosajones siguen

obcecadamente midiendo en pulgadas los diámetros de los espejos en pleno siglo XXI, rechazando el sistema métrico decimal aunque eso les cueste perder alguna que otra sonda espacial camino de Marte. Por descontado, los telescopios más ambiciosos que diseñó Herschel estaban destinados a sus propias observaciones.

El mejor de ellos, que utilizó durante más de veinte años, tenía 46 centímetros de diámetro y una focal de 6,1 metros (el comúnmente conocido como 20 ft).25 Los telescopios en aquellos años se denominaban por su focal, dado que coincidía con su longitud de tubo.

El mayor telescopio construido por Herschel es el conocido como 40 ft (con 48

pulgadas —1,22 metros— de diámetro, y una focal de 40 pies o 12 metros). El rey Jorge costeó con 4000 libras su fabricación, que duró cinco años, y con orgullo presumió de su enorme tamaño ante el arzobispo de Canterbury:

«¡Venga, obispo, que le voy a mostrar el camino al Cielo!». Se levantó en la localidad de Slough, a unos treinta kilómetros de Londres. El tubo de hierro era lo suficientemente ancho como para caminar por su interior y pesaba casi media tonelada.

A pesar de ser espectacular, era muy complicado manejarlo, no solo por sus movimientos, sino porque los dos espejos fabricados que se podían montar alternativamente se deformaban enseguida debido a su propio peso. Entonces había que volverlos a pulir. Solían tener listos dos espejos por cada telescopio, cambiando las cantidades relativas de cobre y estaño (y algo de arsénico) que formaban el bronce para mejorar sus cualidades. En 1789, cuando por fin funcionó medianamente bien, Herschel lo utilizó para descubrir Mimas y Encélado en Saturno. Pero poco más. Su hijo John lo desmontó en 1840 porque era bastante peligroso, debido al óxido que ya acumulaba, y podía hacerse añicos sobre sus traviesos retoños.

Antes de terminar con William Herschel, es de justicia hablar de su «telescopio

español». Bien avanzado el siglo XVIII, el gran científico Jorge Juan convenció a Carlos III de que España necesitaba un gran observatorio astronómico. Y así, en 1757, se fundó el Real Observatorio de Madrid. Aunque Carlos III falleció antes, en 1790 se levanta ya el conocido edificio situado junto al parque de El Retiro y, poco después, en 1796,

se encarga a William Herschel la construcción de un gran telescopio de 60 centímetros de espejo y 25 ft de distancia focal (7,6

metros). Fue uno de los más grandes diseñados y construidos por Herschel. En 1802 se monta y prueba en Inglaterra, antes de guardarse en cajas y ser embarcado hacia España. En palabras de Herschel, era un instrumento excelente, de los mejores que había fabricado.

Por fin, en 1804, el telescopio es instalado en Madrid. El primero en mirar a través de su enorme tubo sería, cómo no, el rey Carlos IV. Pero poco nos duró la alegría. Solo cuatro años después las tropas napoleónicas ocupan Madrid, y el cerrillo de san Blas donde se encuentra el observatorio es un lugar estratégico. El frío es también un mal enemigo, y parece que los soldados franceses utilizaron la estupenda madera de roble británica para calentarse.

Del telescopio original, que apenas se utilizó, solo se pudieron conservar sus dos espejos y los planos de fabricación. Planos que han servido para su reciente reconstrucción e instalación en un edificio anexo al observatorio para disfrute de los curiosos. Y ahora te confesaré aquí una cosa: todavía no he podido verlo con mis propios ojos por más veces que he pasado por Madrid y me he acercado por allí. Te recomiendo vivamente que concientes con tiempo una de las visitas guiadas porque, de otra forma, es casi imposible. Te puedo asegurar, dicho sin ninguna maldad, que casi es más sencillo visitar el GTC, Monte Palomar o los telescopios Keck de Hawái que esta antigua reproducción junto al Retiro. Pero no dejes de intentarlo, está en pleno centro de Madrid y merece muchísimo la pena.

Te preguntarás si Herschel había llegado al límite con su espejo de 1,22 metros.

Ya sabes que la respuesta es que no, porque en caso contrario no estaríamos construyendo hoy un espejo gigante de cuarenta metros y subiendo. Aunque Herschel sacó poco provecho de su enorme espejo fundido de bronce, aún hubo quien se empeñó en hacer todavía algo mayor. Te hablo del irlandés William Parsons, el tercer conde de Rosse.

Provenía de una familia noble, con castillo y todo, en lo que hoy es la ciudad de

Birr, justo en el centro de Irlanda. Como el tamaño de su herencia prácticamente cubría todo el condado de King, el lugar se conocía como Parsonstown, «la ciudad de los Parsons». E igualmente el castillo

y el enorme telescopio que el conde levantó en sus fincas: el Leviatán de Parsonstown. El término «Leviatán»

hace referencia a una bestia marina del Antiguo Testamento, a menudo asociada con Satanás. Se suele utilizar como sinónimo de gran monstruo o criatura. El nombre del telescopio se lo puso la prensa, que ya sabes que siempre anda exagerando en sus titulares: que si hay vida en Venus, que si el covid vino del espacio, que si la abuela fuma.

William Parsons fue un noble y político irlandés muy activo en su época, pero su pasión era la astronomía. Tanta era su devoción por observar el cielo que quiso construir el mayor telescopio del mundo en el jardín de su casa. Tal vez no fuera su mejor decisión, porque el famoso Herschel fue bastante celoso del diseño de sus telescopios, y Parsons casi tuvo que empezar de cero. Y, además, tampoco Irlanda es un sitio muy apropiado para mirar al cielo sin un paraguas. Pero lo consiguió.

El telescopio tenía un espejo con un diámetro de… 1,83 metros. Lo terminó en 1845 y durante 75 años sería el más grande del mundo, hasta que se levantó el famoso telescopio Hooker de 100 pulgadas de espejo (2,5 metros) en Monte Wilson, California. Su fabricación fue complicadísima. Fundir y pulir el espejo llevó más de cinco años, y al ir a montarlo se rompió hasta tres veces. Parsons, sabedor de la imposibilidad de fundir de una pieza tal cantidad de bronce, lo hizo a trozos que luego soldaba y pulía, para añadir una capa final de estaño fundido dejándolo enfriar todo muy lentamente. Como un gran chef asando un solomillo Wellington. Pero era muy pesado (cuatro toneladas), enorme y quebradizo (15

centímetros de grosor), así que terminaba hecho añicos en el suelo. Al cuarto intento lo consiguió montar sin romperlo. El telescopio tenía un diseño newtoniano, montado en un tubo de 13 metros de largo. Como todo era desproporcionadamente grande, Parsons tuvo que limitar la operación de su telescopio.

No te he contado aún, pero ahora es un buen momento, cómo se apuntaba al cielo con estos gigantes. Pues de forma muy sencilla, igual que se utiliza un cañón. Por una parte, la estructura giraba todo el instrumento en un eje, en azimut, y por otra el tubo se levantaba en vertical, en altura. Es el esquema de una montura llamada «altazimutal», que es la más apropiada para los chismes de este tamaño. Los mayores telescopios actuales también siguen este esquema

básico, aunque complica el seguimiento de las estrellas, como veremos un poco más adelante. En el caso particular del Leviatán no se dejaba girar libremente la plataforma porque, literalmente, todo se venía abajo. Dos enormes paredes de piedra laterales de 22 metros de largo y 17 metros de alto sujetaban el artefacto y, además, lo protegían del viento. Así que el telescopio estaba limitado en su giro a un rango angular de sesenta grados.

El telescopio era muy complicado de mover y manejar y, al igual que el 40 ft de Herschel, se usó poco tiempo. Pero con él Parsons logró desvelar estrellas en la primera galaxia espiral, haciendo un precioso dibujo que se conserva. Es la galaxia del Remolino, también conocida como M51. De igual forma, dibujó y renombró el primer objeto Messier, M1, al que llamó «nebulosa del Cangrejo»

por su evidente aspecto de patas largas (en efecto, son los restos de la supernova del año 1054). El Leviatán fue usado también por su hijo (el cuarto conde de Rosse) hasta 1890, siendo desmontado al fallecer este, en 1910. En esos años ya podía acoplarse al telescopio una cámara fotográfica.

El final feliz de esta historia es que el telescopio se restauró íntegramente en 1999. Aunque se conservaba uno de los espejos originales, se optó por colocar uno moderno de aluminio para poder utilizarlo. No sé si te gustará la música celta, en concreto la del grupo The Chieftains. A mí mucho. Mi mujer me conquistó regalándome uno de sus discos, entre otras muchas cosas. Pues bien, uno de sus miembros fundadores, Michael Tubridy, además de músico, es casualmente un ingeniero de postín y se encargó de todo el proceso de resurrección del Leviatán tras conseguir el dinero necesario entre pitos y flautas

—y gaitas—.

Yo tuve oportunidad de visitarlo a los pocos años con el equipo de producción de un documental. Cuando llegamos, todo estaba cerrado y, pese a tener concertada la visita, temimos habernos equivocado de fecha. Al cabo de un rato nos abrió la puerta del castillo una muchacha con una botella de lejía en una mano y una fregona en la otra. Educadamente le pregunté si podíamos ver a alguien encargado del museo y del telescopio. La limpiadora me contestó que nos estaban esperando y que enseguida venía su padre, el séptimo conde de Rosse. Y

es que la nobleza irlandesa no se ha mantenido tan próspera como la

británica.

En cualquier caso, el viejo telescopio impresiona lo suyo, aunque no pudiéramos verlo en acción por una eventual avería. Si te pierdes por Irlanda, es una visita obligada. Y los Parsons, una familia encantadora muy querida en su tierra.

Llegados a este punto de la narración, puede que hayas cambiado de bando entre los partidarios de las lentes y sus contrarios, los impulsores de los espejos. Los grandes telescopios reflectores parecían haber ganado la batalla a los refractores.

No fue así.

Los enormes telescopios de Herschel y Parsons fueron poco eficaces, casi inmanejables, y la fundición de sus espejos de bronce, un infierno en un sentido completamente literal. No sé qué habría hecho Ben Abbott en un caso como este.

Supongo que alguien podría plantear en Forjado a fuego hacer y pulir un espejo de un metro de diámetro en lugar de una cimitarra turca, y seguro que veríamos cera de la buena. Si lo hacen, no les cobraré por la idea. Así que, resumiendo, los grandes telescopios reflectores habían llegado, de momento, a su límite.

Mientras tanto, muchos astrónomos con habilidades manuales y ciertos conocimientos de óptica le habían dado mil y una vueltas al problema de la aberración cromática. Pronto se dieron cuenta de que la dispersión de los colores tenía que ver con el material de la lente. Cambiando el material, cambiaba la dispersión, y fueron varios los inventores de las llamadas «lentes acromáticas».

Lo más sencillo y práctico lo hizo un tal John Dollond, óptico y fabricante de telescopios. Juntó una lente con un índice de refracción bajo (lo que se llama un vidrio de tipo Crown) con otra que tenía un material de índice de refracción alto (un vidrio de tipo Flint).26 El resultado era un doblete de lentes que no tenía aberración cromática, porque las aberraciones individuales se compensaban. Allá por 1758 la Royal Society, que había acogido a Newton tras presentar su novedoso telescopio, premió también a Dollond por su invento, además de hacerle miembro. Como las lentes eran mucho más fáciles de fabricar y de pulir, solo había que aumentar su tamaño y jugar con su curvatura, pudiendo además hacerlo con la focal más conveniente. Así que los telescopios refractores volvieron a la primera línea de fuego.

Al mismo tiempo que el enorme Leviatán devoraba estrellas, se empezaron a fabricar los primeros grandes telescopios refractores. En 1866 ya los había de hasta 46 centímetros de apertura basados en lentes acromáticas. Y a finales de ese siglo ya dominaban los primeros observatorios. El más famoso de todos fue, sin duda, el telescopio refractor de Yerkes, en el estado de Wisconsin. Este observatorio se considera el punto de partida de la moderna astrofísica.

Fue fundado en 1892 por el astrónomo George Hale y pagado por el millonario y

mecenas Charles Yerkes, en lo que empezó siendo una sana costumbre que perdura hasta hoy. El formidable telescopio de 102 centímetros de diámetro todavía está allí, en perfecto estado de uso desde 1897. Fue y es el mayor del mundo en su género, con una pequeña excepción anecdótica que cito después.

Los vidrios fueron fabricados en París y pulidos en Massachusetts por la prestigiosa industria óptica Alvan Clark & Sons. La longitud focal era de 19,3

metros y pesaba solo 225 kilos. Además, tenía ya una preciosa gran cúpula para protegerlo del viento e incorporaba una montura de tipo ecuatorial, mucho más apta para su peso y prestaciones. Este tipo de monturas (las habituales en los telescopios de aficionados) hacen que los telescopios se muevan combinando dos ejes perpendiculares. El eje de ascensión recta se sitúa paralelo al eje terrestre ajustado a la latitud del lugar en el que nos ubiquemos. Y el eje de declinación es perpendicular. Una vez apuntada la estrella, para compensar el movimiento de esta y hacer su seguimiento basta con girar el tubo alrededor del eje de ascensión recta como si fuera un reloj, igual que hace la Tierra en su movimiento. Así solo es necesario un movimiento en lugar de los dos que hay que hacer con las pesadas monturas altazimutales.

La exótica excepción a la que me refería data de 1900. En esa fecha se celebró la Gran Exposición Universal de París, que coincidió con los Juegos Olímpicos de ese año. La Exposición fue un éxito en muchos sentidos: participaron 58 países y fue visitada por más de cincuenta millones de personas, pero no fue precisamente lo que se dice barata. Aunque no se levantó otra torre Eiffel —que fue la estrella de la precedente exposición de 1889—, costó unos 120 millones de francos de la época. París era la indiscutible capital de la modernidad. Entre las atracciones más visitadas, destacaron dos: la gigantesca noria de cien metros de altura y el no menos enorme telescopio refractor de

1,25 metros de objetivo y 57 metros de distancia focal. La noria tuvo mucho más éxito.

La construcción del telescopio fue promovida por François Deloncle, un periodista, político y diplomático muy popular, pero que no tenía mucha idea de astronomía. Realmente ninguna. Como era tan grande, el tubo no se podía mover y se montó horizontalmente, fijado a una serie de pilares a veintitrés metros del suelo. Para llevar la luz hasta el telescopio, hubo que fabricar un «sideróstato»

(un espejo móvil de dos metros) y colocarlo delante del objetivo. Para enfocar, había que desplazar el ocular sobre unos raíles de tren…, y todo en este invento era igual o más disparatado. Por descontado, los científicos se desentendieron del engendro, incluso antes de su construcción. No servía para su uso

astronómico, no se terminó a tiempo y había costado un dineral. Lo más destacable fueron las fotografías tomadas con él de la superficie lunar. Poco más.

Justo al terminar la Gran Exposición, la compañía que lo había construido quebró al no encontrarle comprador, y en 1909 se desguazó. Y es que los políticos no aprenden. La auténtica obsesión de Deloncle era rivalizar con los británicos en lo que fuera, mejor si era en la expansión de los imperios coloniales. Hacer el telescopio más grande del mundo solo fue una excusa cara e inútil.

No sé si te estás preguntando algo acerca de la obsesión por hacer espejos tan grandes. Como todo en este negociado, la explicación es bastante sencilla. El espejo es un simple colector de luz, así que cuanto más grande es, más fotones es capaz de atrapar. Esta es la primera razón y no tiene más enjundia.

La segunda tiene que ver con la propia naturaleza ondulatoria de la luz. Es lo que se llama el «límite de difracción», y tiene que ver con la capacidad de un sistema óptico para separar dos objetos. Por ejemplo, dos estrellas en nuestro caso más común. La resolución angular para separar las dos estrellas viene marcada por el límite de difracción, que es la relación entre la longitud de onda de la luz con la apertura o diámetro del espejo principal del telescopio.

Supongamos que estamos observando el cielo en el color amarillo (longitud de onda igual a 0,562 μm). Si utilizamos un telescopio pequeñito de 12 centímetros de diámetro, solo podremos distinguir estrellas que estén separadas un segundo de arco. Pero si hacemos el

espejo mucho mayor —por ejemplo, de 120

centímetros—, ya distinguiríamos estrellas separadas 0,1 segundos de arco. Al menos en teoría, o en el espacio, donde no molesta la atmósfera. Por eso vemos imágenes tan nítidas con el telescopio espacial Hubble (que tiene el doble, 240

centímetros), por eso y porque están más repintadas que una puerta.

Nuestro ojo también es un telescopio, pero a su manera. La pupila puede dilatarse hasta unos 9 milímetros como mucho, así que podemos distinguir estrellas a simple vista separadas unos 20 segundos de arco si eres un observador excelente y entrenado. Recuerda el dato que te di sobre mi admirado Tycho Brahe, que nunca usó gafas porque no tenía dónde apoyarlas. Era capaz de separar estrellas fácilmente estando a 30 segundos de arco una de otra, que es el equivalente a 1/60 del diámetro de la Luna en el cielo.

El gran problema de los grandes telescopios ubicados en tierra —la mayoría—

es que la atmósfera emborrona las cosas. En un lugar con un buen seeing (el parámetro que se usa para cuantificar la distorsión introducida por la atmósfera), este puede ser de 1 segundo de arco, y en lugares especialmente buenos (como Paranal, Mauna Kea y La Palma) se dan condiciones ya excelentes de unos 0,4

segundos de arco. Así que de casi nada nos servirán espejos tan grandes si no somos capaces de hacer algo al respecto. Por supuesto que lo hacemos, faltaría más, que para eso nos pagan.

El uso de la llamada «óptica adaptativa» está generalizado en la mayoría de los grandes telescopios del mundo. En esencia, consiste en utilizar un espejo flexible que se adapta para compensar la deformación del frente de ondas de luz que incide en el telescopio, tomando la información de cámaras rápidas que apuntan a una estrella de referencia (natural o generada por un láser digno de Star Wars).

Así, la luz ya corregida en sus perturbaciones se lleva hacia los instrumentos. Es complicadillo pero funciona muy bien, permitiendo alcanzar el límite de difracción impuesto por el tamaño del espejo.

Como no hay mal que cien años dure, los telescopios reflectores encontraron la solución a sus males y volvieron a crecer sin necesidad de tomar vitaminas.

Unos avispados físicos —los alemanes Carl August von Steinheil y Justus von Liebig, así como el genial francés Jean Bernard Léon Foucault, el señor del péndulo— idearon un proceso químico para depositar una finísima capa de plata sobre un vidrio pulido. Eso fue alrededor de 1857. Consiguieron juntar lo mejor de ambos mundos: las lentes de vidrio y los espejos de metal. Fabricar enormes espejos pulidos de vidrio y recubiertos de plata era muchísimo más fácil y agradecido que bruñir bronces, pesaban mucho menos, reflejaban más luz y, además, cuando se estropeaban podía deshacerse el proceso químico y repetirlo, sin necesidad de volver a pulir nada.

Así que a finales del siglo XIX ya se comenzaron a fabricar en serio grandes espejos reflectantes con este sistema. Que, básicamente, es lo mismo que hacemos ahora. Como ya te he terminado de explicar lo más importante —un telescopio es un enorme bloque pulido de vidrio recubierto de una capa metálica muy reflectante—, vamos con los hermanos mayores. Los ojos que todo lo ven.

XVIII

Los templos del cielo

Si hay una metáfora que me parece acertadísima es la de llamar a los grandes telescopios los Templos del Cielo. Enormes catedrales de vidrio y acero con gigantescas cúpulas que se levantan en altas montañas para casi tocar los cielos con sus espejos. Difícil acercarse más a Dios, seas o no creyente. No sé cuándo leí por primera vez esta frase, pero se me quedó grabada. Tanto que incluso he titulado así una de mis novelas.27

También quedó para siempre en mi memoria la impresión que sentí cuando visité por primera vez el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla canaria de La Palma. Por aquellos años, en la década de los noventa, el mayor telescopio allí era el excelente WHT —William Herschel Telescope—, de 4,2 metros de diámetro, uno de los mejores y más productivos de todos los que se han construido en el mundo.

Me chocó muchísimo la puerta de entrada. No era una puerta convencional, como la de los otros telescopios del observatorio, ni de aluminio ni de chapa.

No. Era casi exactamente igual que la puerta de una iglesia, de recia madera en dos hojas, que parecía copiada de una cualquiera de nuestras catedrales o basílicas. Ignoro por qué extraña casualidad se

instaló una puerta como esa —

nada práctica a mi juicio—, pero al traspasarla tuve la misma sensación que al entrar en una iglesia. Por supuesto, la enorme cúpula semiesférica hizo el resto.

En un trance así, ignoras si estás en Canarias o en Florencia. También se produce algo similar al síndrome de Stendhal cuando visitamos observatorios como El Roque o Mauna Kea. Uno no sabe hacia dónde mirar y es incapaz de agachar la cabeza, intentando asimilar tanto prodigio tecnológico. Y, cuando cae la tarde y las estrellas asoman, la experiencia puede convertirse en algo casi místico.

No te sorprenderás si te digo que el turismo astronómico, hoy tan en boga, es un reclamo formidable para los visitantes. Y está vertiginosamente al alza. Poca

gente queda defraudada de la visita a un observatorio. Me atrevería a decir que posiblemente nadie, ni el más ingenuo de los ecologistas que te puedas encontrar. A lo sumo balbucearán, como le ocurrió a un buen amigo que les hizo de amable guía, algo así como: «Bueno…, pero tal vez habría que pintarlos de azul, para no romper la línea del horizonte». Genial ocurrencia.

A finales del siglo XIX y principios del XX nuestros templos del cielo comenzaron a proliferar lentamente. Sobre todo, en Estados Unidos, ya que allí la financiación era —y es— esencialmente privada. Al mencionado de Yerkes, hay que añadir el también ya citado Observatorio Lick, construido entre 1876 y 1887. James Lick puso de su bolsillo unos 700.000 dólares de entonces, equivalentes a 22 millones en la actualidad. Ya te conté que James Lick está enterrado allí. Antes de eso, este excéntrico millonario quería construirse un monumento funerario similar a las pirámides de Egipto, incluso con grandes estatuas de él mismo y de su familia que pudieran verse desde el mar. Por fortuna, alguien lo convenció de que era mejor construir un observatorio y que lo metieran allí cuando le llegara la hora.

Como en el caso de Yerkes, el primer gran telescopio en Lick fue de tipo refractor (de 91 centímetros) e igualmente fabricado por Alvan Clark & Sons. Y

uno de sus usuarios más conocidos, el astrónomo Edward Barnard. Hace muy pocos meses ha sido objeto de una triste noticia. Los incendios que con frecuencia asolan California llegaron hasta el observatorio y, aunque no hubo daños de consideración en los grandes

telescopios, las llamas redujeron a cenizas la casa donde vivió Barnard, que se conservaba como museo. El tercer observatorio estadounidense más conocido de la época es el Lowell, de nuestro amigo Percival, en Arizona. También se lo pagó él.

En Europa también se comenzaron a levantar observatorios, especialmente en cumbres. La explicación es muy sencilla: alejarse de las luces de las ciudades y rodearse de un aire menos denso y más limpio. De esa misma época son dos preciosidades: el observatorio francés de Pic du Midi, en los Pirineos (de 1878), y el suizo Sphinx, en plenos Alpes (ya de 1937, ubicado a 3571 metros de altitud). Pero las referencias a los grandes descubrimientos astronómicos nos llevan de vuelta a Norteamérica.

Uno de los más famosos observatorios del mundo es sin duda el histórico Monte Wilson, en las afueras de Los Ángeles. Ya entrados en el siglo XX, el insistente

astrónomo George Hale —que había tenido gran parte de culpa en la construcción de Yerkes— quería telescopios más grandes y potentes. Hale convenció en 1904 a la Fundación Carnegie para adquirir los terrenos de un antiguo hotel en Monte Wilson, pues la altitud (unos 1740 metros) era idónea para ubicar el nuevo observatorio, quedando la capa de inversión por encima de la populosa ciudad de Los Ángeles. Se conseguía así mitigar los efectos de la contaminación debido a las emisiones de humos, pues esta quedaba atrapada por debajo. En la actualidad, la inevitable y enorme polución lumínica angelina hace del observatorio casi un mero lugar turístico.

Andrew Carnegie fue un filántropo nacido en Escocia que hizo una inmensa fortuna en Estados Unidos gracias al negocio del acero. Según Forbes, ha sido el hombre más rico en la historia de los Estados Unidos, por delante de John Rockefeller. Y, por supuesto, muy por delante de Jeff Bezos, Bill Gates y el gran gurú Elon Musk, que encabezan las listas actuales. Le considera también la segunda mayor fortuna del mundo en toda la historia. (No me queda claro cuál es la primera, tal vez la del emperador romano César Augusto). Hale encargó entonces primero la construcción de un telescopio reflector de 1,5 metros y, más tarde, la del famoso telescopio Hooker de 2,5 metros, que con este diámetro conseguía superar el récord que todavía poseía el vetusto Leviatán irlandés. El Hooker se instaló en 1917, y poco después fue utilizado por Humason y Hubble para encontrar todas esas maravillas que te he ido explicando. Con el Hooker se observó, por vez primera, la expansión del universo. Y con él, Fritz Zwicky evidenció la existencia de materia oscura.

El Hooker fue principalmente pagado por John Hooker, que era astrónomo e ingeniero. Hooker puso solo 45.000 dólares de entonces, pero Andrew Carnegie costearía la cúpula y buena parte de todo lo demás, incluyendo lo que dejó de pagar a su muerte John Hooker en 1911, que tuvo más voluntad que dinero. El enorme vidrio fue fundido en Francia tras, como imaginarás, mil y un problemas. Desde 1917 hasta 1935 estuvo recubierto de plata, pero más tarde se sustituyó por aluminio —como los actuales—, que refleja hasta un 50 por ciento más de luz. Tras muchas décadas de gloria, el telescopio dejó de usarse, pero en los años noventa se le incorporó un sistema de óptica adaptativa y siguió produciendo ciencia.

Hoy su tiempo se destina a fines educativos y de divulgación, y un moderno sistema permite mirar directamente con él, sin necesidad de la utilización de cámaras acopladas a su objetivo. La cúpula y el propio telescopio se han

convertido en una especie de museo, con la mesa y los objetos personales de Edwin Hubble dispuestos como si el tiempo se hubiera detenido en 1923. Es una forma como otra cualquiera de recalcar que un telescopio es una máquina del tiempo. Yo me senté en su silla cuando el vigilante no miraba. Es de madera bastante sencilla, diría que incluso incómoda. Ideal para no dormirse.

El fantástico telescopio Hooker —con su gran montura ecuatorial de horquilla—

reinó hasta nada menos que 1949. La ambición por hacer telescopios cada vez mayores de George Hale no conocía límites, ni físicos ni económicos. En 1928, cuando apenas el Hooker había entrado en funcionamiento, ya había conseguido dinero para levantar un telescopio todavía mayor a unos 144 kilómetros al sur de Monte Wilson, en un lugar idóneo llamado Monte Palomar.

Como a Hale no le bastaba con el dinero del hombre más rico del mundo, pidió ayuda también al segundo, John Rockefeller, a la sazón el rey del petróleo, el fundador de la Standard Oil. Rockefeller y Carnegie se alternaban como líderes en ganancias. A sus dos fundaciones les sobraba el dinero, y valoraban muchísimo la ciencia y la tecnología que los había hecho ricos, lo que fue una bendición para la astronomía. El primer cheque que recibió Hale de la fundación Rockefeller fue de seis millones de dólares, que fueron administrados por el conocido Instituto de Tecnología de California (sí, el Caltech).

Si los anteriores gigantes habían supuesto un sinfín de retos

tecnológicos a superar, imagínate esto que te voy a contar. El nuevo espejo parabólico del primario había de tener… 200 pulgadas (más de cinco metros), lo que significaba doblar el diámetro de su predecesor. Un espejo así implicaba muchísimos problemas.

El primero era que mínimas diferencias de temperatura lo deformaban, así que hubo que utilizar un nuevo material que fuera inalterable al efecto del frío o del calor. Pues bien, mira en el horno de tu madre o de tu abuela y seguro que encuentras uno o varios recipientes de vidrio con la marca Pírex. Este fue el revolucionario material usado para fabricar el espejo.

El segundo gran problema era el peso. ¿Cómo mover con precisión más de cuarenta toneladas de vidrio? Pues con mucho cuidado y dos nuevas decisiones técnicas imaginativas. Una, rebajar la cantidad de material del espejo perforándolo por detrás como si fuera un panal de abejas. Esto permitió reducir

su peso a la mitad, unas veinte toneladas. La otra, construir una formidable montura que soportara ese peso y pudiera moverlo.

La novedosa montura del telescopio de 200 pulgadas es de tipo ecuatorial de herradura, que permite observar completamente el cielo, y la estructura está basada en el diseño de Mark Serrurier, un ingeniero del Caltech que hizo de este invento suyo —que permitía mantener en todo momento el telescopio alineado

— un clásico de la ingeniería moderna. Su apellido resultará familiar a muchos ingenieros y a muy pocos concejales. El resultado es prodigioso, y ver moverse suavemente a este gran montón de trozos gigantes de hierro unidos por miles de remaches, un placer para cualquier trastornado por la técnica. Gran parte de las piezas de la montura tuvieron que fabricarse en astilleros navales, puesto que su descomunal tamaño no permitía hacerlas en otro lugar.

El Hale no vio la luz hasta veinte años después de ser concebido. La Segunda Guerra Mundial interrumpió su fabricación en varias ocasiones. Los vehículos militares, barcos y aviones tenían prioridad sobre los telescopios en las fábricas, como era normal. O el Proyecto Manhattan del rarito de Oppenheimer. El telescopio fue finalmente inaugurado en 1948. Casi mil invitados llenaron la enorme cúpula (similar en su forma y dimensiones a las del Panteón de Roma) durante la ceremonia. George Hale había fallecido diez años antes, y unánimemente se decidió que el nuevo gigante para observar los cielos llevara su nombre. En enero de 1949 se tomó la primera imagen

con el telescopio Hale.

Una placa fotográfica que plasmaba una nebulosa variable. Tal honor correspondió —cómo no— a Edwin Hubble, el astrónomo más prestigioso en aquellos días.

Aunque el telescopio Hale ya ha sido más que superado, sigue siendo uno de los mayores del mundo y se utiliza de forma habitual tras haberle añadido más y mejor instrumentación. Las peculiaridades de su enorme montura hacen que su tamaño sea extrañamente desproporcionado para los solo cinco metros de espejo que tiene, lo que le confiere un aire retro fascinante.

Este telescopio impresiona al visitante mucho más que, por ejemplo, los gigantes Keck de Hawái. Yo creo que es el telescopio más bonito del mundo (al menos, de los que he visto, y han sido unos pocos). Si te acercas por Hollywood, olvídate del pastiche de Rodeo Drive y el teatro chino, y hazte una excursión a Monte Palomar. Me lo agradecerás. Los Ángeles es una ciudad tan inmensa como fea, a la que solo el glamur de las estrellas de cine le lavan la cara.

Cinco metros de diámetro y veinte toneladas de peso ya eran demasiado como para cualquier diseño imaginable, y superar el espejo del Hale parecía imposible.

Pero impossible is nothing, como dicen los publicistas de Adidas… y como también pensaron en la URSS. En 1950 la Academia Soviética de Ciencias propuso hacer un telescopio de seis metros. Los soviéticos apenas tenían bagaje en la fabricación de telescopios, y habría que remontarse hasta el observatorio de Pulkovo, en las afueras de San Petersburgo, para encontrar algo competitivo…

en 1836. Pero la carrera espacial mandaba durante esos años y, al fin y al cabo, ambos negociados —el astronómico y el astronáutico— están en la misma planta. Y se pusieron a la tarea con resultados desastrosos. O incluso peores.

El nuevo telescopio BTA-6 —Bolshoi Teleskop Alt-azimutalnyi 6m— fue una calamidad desde su concepción hasta su inauguración ya en 1975. Se fabricaron hasta tres espejos, pero ni los procesos de enfriado ni de pulido tenían la mínima calidad necesaria, con un sinnúmero de imperfecciones. La cúpula era (y es) inmensa, propiciando enormes gradientes térmicos. Y, para colmo de males, el lugar escogido para su instalación, entre los dieciséis posibles (finalmente se montó en Zelenchukskaya, en las montañas del Cáucaso, a 2070 metros de

altitud), resultó tener un seeing horroroso que apenas baja de 2 segundos de arco.

Y un clima espantoso. Desde la plaza Roja se habría observado mucho mejor.

La puesta en marcha del ya mayor telescopio del mundo (en 1975 pasó a la primera posición) se vio envuelta en el habitual secretismo soviético, pero pronto los astrónomos de todo el mundo se percataron de que aquello tenía poco recorrido. Con mucha ironía, los estadounidenses denominaron al BTA-6 como

«el mayor telescopio de cuatro metros nunca construido». Lo único que salva al BTA-6 es que, por vez primera, usa ya una montura altazimutal controlada en los dos ejes, teniendo además que derrotar la imagen. Esto hoy ya no constituye un problema mayor, pero en los setenta fue el único logro reseñable que resolvieron los soviéticos. Con los años han llevado a cabo algunas mejoras en el BTA-6

para sacarle algo de partido científico, pero apenas es considerado como una anécdota dentro de la lista de grandes telescopios.

Las décadas de los setenta y los ochenta fueron prolíficas en la construcción de los llamados «telescopios de clase 4-metros», primero con monturas ecuatoriales y, más tarde y con el avance de la electrónica, con las más cómodas altazimutales. No eran tan grandes pero eran casi igual de útiles, y hacían falta

muchos. Así, podemos citar el telescopio Mayall, en el observatorio Kitt Peak, en Arizona; el Víctor Blanco, en Cerro Tololo, en Chile, ya en el hemisferio sur; el Anglo-Australiano, en Australia; el ESO-3.6, en La Silla, también en Chile; el WHT, en Canarias, y el UKIRT y el CFHT —United Kingdom Infrared Telescope y Canadian-France-Hawaii Telescope—, en Hawái, entre algunos otros. Esta tregua de dos décadas permitió pensar de nuevo a los ingenieros en cómo volver a romper los límites. Y encontraron no una, sino dos maneras. Es lo que tiene haber estudiado hasta el final.

La primera solución llegó de Europa: adelgazar los espejos hasta hacerlos tan flexibles que acaban comportándose como enormes lentillas. Para mantener su forma se utilizan cientos de actuadores electromecánicos ajustando la forma de su superficie cónica en tiempo real. Esta solución se conoce como «óptica activa». Así se construyeron los cuatro gigantes del VLT —Very Large Telescope— ubicados en Cerro Paranal, en Chile; el Subaru japonés, en Mauna Kea, y los dos

telescopios estaodunidenses idénticos Gemini, todos de la nueva clase 8-metros.

La segunda solución es estadounidense y, literalmente, rompedora. Hacer un mosaico de pequeños espejos cuya forma conjunta reproduzca la de un único gran espejo y que se muevan a la vez. De esta forma nacieron los dos telescopios Keck de Hawái y también el GTC en España, los tres por encima de los diez metros de espejo primario. Y esta segunda solución presenta una gran ventaja añadida: podemos extenderla casi hasta el infinito. Pero antes de explicarte más detalles y para no aburrirte más de lo necesario, prefiero hablarte ahora de los mejores emplazamientos del mundo para levantar observatorios. Que se reducen a tres. Y, por supuesto, empezaré hablándote de mi propia casa.

Si algo se había aprendido de los grandes telescopios británicos, tanto de los de Herschel como de los de Parsons, era que no se podía observar el cielo desde el jardín de tu casa, y menos si vives bajo una borrasca. Había que moverse a lugares secos, serenos y elevados, tal y como había postulado el sabelotodo Isaac Newton. Aunque los ingleses no guardaban un buen recuerdo de Tenerife por aquella época (el almirante Horacio Nelson había sido rechazado en su intento de conquistar la isla en 1797), siempre les han gustado las playas y el clima canarios. Tanto o más que en la época de nuestro siguiente invitado: Charles Piazzi Smith.

Piazzi, aunque nacido en Nápoles, era un escocés con todas las faldas, y como tal fue nombrado astrónomo real de Escocia allá por 1845. Pocos años más tarde, y aprovechando su viaje de novios (tras su boda con Jessie Duncan, una geóloga que llevaba los pantalones), decide investigar la calidad del cielo en las alturas de Tenerife. Como correspondía a su cargo, el Almirantazgo británico le puso rumbo a mi isla con un yate (el Titania) y 500 libras en los bolsillos. Metió dos telescopios en la bodega (dos ecuatoriales de 7,5 y 3,6 pulgadas), un sinfín de otros instrumentos de observación y supongo que también abundante ron y la clásica miel para mitigar las fatigas nocturnas con su señora esposa. Así arribó a Santa Cruz de Tenerife.

Una vez aquí, contrataron los necesarios muleros —que cargaron veinte acémilas y varios caballos— para subir el material de observación primero hasta la cumbre de Guajara (2717 metros) y luego hasta Altavista (3250 metros), su principal objetivo junto al pico del volcán Teide. Solo el telescopio pequeño pudo ser cargado y montado, pero valió la pena.

Los Piazzi realizaron nítidas observaciones de la Luna, de estrellas débiles, de planetas, así como de radiación solar con una calidad sin precedentes. Son las primeras observaciones astronómicas realizadas en un observatorio de altura. A su regreso a Londres, Piazzi presentaría sus resultados ante la Royal Society y publicaría su conocido libro Tenerife. Las experiencias de un astrónomo, preciosamente ilustrado con fotografías tomadas por la feliz pareja, que se alternaba en el uso de las cámaras. El primer paso estaba dado.

En 1910 visitó Tenerife el astrónomo francés del Observatorio de París Jean Mascart, con el fin de observar el cometa Halley, y volvió a su país hablando maravillas de las cumbres canarias. Pero el espaldarazo final para arrancar las observaciones astronómicas regulares desde suelo canario se produjo gracias al eclipse de Sol del año 1959, en el que un buen número de investigadores y astrónomos llegados aquí para la ocasión revitalizaron la idea de Piazzi y Mascart de crear un observatorio astronómico en Tenerife. Idea que cuajó gracias a la perseverancia y visión de un toledano irrepetible: Francisco Sánchez.

El joven y recién licenciado Francisco Sánchez llega a Tenerife desde Madrid en 1960, con un magro contrato para estudiar las condiciones astronómicas en la zona de Izaña, en la que hoy es la antesala del Parque Nacional del Teide.

Sánchez tenía un sueldo mensual de 4500 pesetas —algo más de 27 euros al cambio— y vivió a 2400 metros de altitud en lo que era poco más que una

cabaña. Al igual que hiciera Piazzi, Sánchez desembarca en Tenerife con su mujer, recién casado. Y también como él, tiene que hacer uso de las mulas para subir el pesado material al embrión del observatorio. Poco a poco, emprenden la instalación de la instrumentación y las observaciones metódicas atrayendo el interés de otros investigadores, tanto nacionales como extranjeros. Su actividad durante esos años es frenética.

En el aspecto académico, Sánchez pronto se convierte en el primer catedrático de Astrofísica de España e incluso llega a ser rector de la Universidad de La Laguna tinerfeña, aunque de forma accidental, dados los convulsos tiempos políticos que atraviesa España (el rector designado por la dictadura había puesto tierra de por medio abandonando su puesto, asustado por las protestas estudiantiles, y Sánchez fue designado por aclamación por el claustro del profesorado).

Todo ocurre a una velocidad vertiginosa. Se suceden los acuerdos internacionales con modernos centros de investigación astrofísica de toda Europa. Y los británicos, nuevamente, quieren dar un paso más. Oficialmente solicitan instalar un observatorio en la isla vecina de La Palma. Es el año 1973, y ya han descartado Hawái. Pero el horno político no está para bollos —Gibraltar y la Pérfida Albión—, y se les niega el permiso desde Madrid.

El profesor Sánchez, acompañado por su hijo Jorge, examinó a fondo las cumbres palmeras. El lugar le impresiona mucho más que el Teide tinerfeño, porque la contaminación lumínica no existía —ni existe—. En 1974 Sánchez ya ha convencido a un buen número de astrofísicos alemanes, británicos —de nuevo—, franceses, suecos y daneses de que el lugar idóneo para el segundo observatorio de las islas Canarias debía ser el de El Roque de los Muchachos, en el filo de la llamada Caldera de Taburiente. En 1976 se construyó ya una pista para llegar a la cumbre. Todo está listo para firmar los acuerdos y empezar las obras en 1977. Hasta que suena el teléfono. El Ministerio de Defensa ha decidido emplazar una base de radares de la OTAN en el lugar elegido. Por tanto, no autoriza el observatorio.

Lo que sigue es una de las historias de mayor coraje que he leído en las decenas de biografías de astrónomos. Y llevo unas cuantas, como habrás visto. Sánchez viaja a Madrid de inmediato para reunirse con la cúpula militar. Con varios ministros, casi hasta con la curia. Con todo aquel que pudiera mediar en el conflicto. Pero la anexión a la OTAN está en el horizonte y tiene un precio.

Finalmente consigue hablar con el presidente del Gobierno, Adolfo Suárez, cuando este visita Tenerife con ocasión de un mitin electoral en 1978. Suárez no puede negarse a recibir, aunque de mala gana, al rector de la Universidad.

Tras varias horas reunidos en un despacho a solas, el político sale convencido de la encerrona diciendo a la prensa: «Tranquilo, profesor, los telescopios europeos no se irán a Hawái». Lo que pasó dentro solo lo sabe Francisco Sánchez.28 A esta difícil decisión tomada por Adolfo Suárez ayudó bastante un incidente aéreo con un helicóptero militar en las cumbres de La Palma, que a punto estuvo de costar la vida a varios altos mandos del Ejército del Aire. Aunque esta es una anécdota que no guarda relación directa con su decisión, puede que tuviera cierta influencia en el desenlace final de la historia el fuerte viento que azotaba ese día la cima.

Desde 1975 existe como tal el Instituto de Astrofísica de Canarias

(IAC), uno de los grandes centros científicos españoles y, posiblemente, el de mayor prestigio internacional. Consta de dos observatorios. El primero es el del Teide, en la zona de Izaña, en la isla de Tenerife, a 2371 metros de altitud; en la actualidad se dedica principalmente a estudiar la física del Sol y alberga los mayores telescopios solares europeos. Y confiamos que, en un futuro próximo, también el enorme EST —European Solar Telescope—, con su espejo principal de cuatro metros de diámetro. Los telescopios solares son más pequeños porque lógicamente les sobra luz, y corren el riesgo de que se frían literalmente tanto los espejos como sus instrumentos.

Y el segundo es el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) en la isla de La Palma, a 2396 metros. Allí se ubican, entre otros muchos aparatos de docenas de instituciones, el telescopio británico WHT, el italiano Galileo, el nórdico NOT, el también inglés Liverpool, el holandés JKT… y, por supuesto, el mayor telescopio óptico-infrarrojo del mundo, el GTC. También varios enormes telescopios para captar la radiación Cherenkov. Un telescopio Cherenkov es un detector de rayos gamma (los de más alta energía) desde la superficie terrestre.

En el ORM funcionan los dos telescopios abiertos MAGIC —Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope— de 17 metros de diámetro, así como el primero de los gigantes del proyecto LST —Large Size Telescope— de 23 metros. Y hay varios más en construcción.

El ORM se levanta en el filo de una gigantesca depresión de origen volcánico

que, como su nombre indica, se asemeja a un enorme puchero: la Caldera de Taburiente. Cuando te asomas, pareciera que un gigante hubiera hundido una descomunal cuchara en las entrañas palmeras, extrayendo la sopa del fondo, y que las nubes que ves moverse bajo tus pies no fueran más que el vapor humeante de la caliente comida del monstruo, tal vez otro Gargantúa o quizá un Leviatán.

El paisaje es de una belleza sobrecogedora, que se hace mucho más intensa cuando llega la noche. Entonces el cielo se ilumina de forma increíble, tachonado de tal cantidad de estrellas que se hace casi imposible reconocer entre ellas a las más conocidas. La quietud de su atmósfera, propiciada por el conocido régimen de vientos alisios canarios, hace el resto. Es, sin duda, uno de los dos emplazamientos de mejor seeing medido en el hemisferio norte —el otro es, obviamente, la cumbre del volcán Mauna Kea, en la isla Grande de

Hawái—, pero, a diferencia de sus rivales, es de muy fácil acceso (con la lógica carretera de montaña llena de curvas) y goza de un clima tan benigno que permite usar los telescopios casi todas las noches del año, con la única excepción de unos pocos días afectados por la ocasional calima proveniente de África. Y, de forma extraordinaria, por la ceniza volcánica. La inesperada erupción de 2021 ha provocado un cierre preventivo temporal de las instalaciones, pero un suceso de estas características solo ocurre cada cincuenta años de media.

El Gran Telescopio Canarias (GTC) tiene un espejo segmentado formado por 36

espejos hexagonales para alcanzar un diámetro total de 10,4 metros, que es el mayor en funcionamiento en todo el mundo. Sobre este dato hay una cierta controversia, porque los diez metros justos de los telescopios Keck estadounidenses —de los que te hablaré dentro de nada— tienen un área colectora efectiva de luz ligeramente mayor debido a su diseño (75,76 m^2 frente a 73,40 m^2 del GTC), así que no dan su brazo a torcer sobre la primacía mundial.

También hay cierta maldad al referirse a nuestro telescopio, al que suelen referirse cariñosamente como «el Keck español», dado su parecido. Lo cual no es de extrañar porque, aunque el GTC es fruto de un consorcio entre España, México y la Universidad de Florida, contó con el asesoramiento de algunos expertos de los Keck, como Jerry Nelson, fallecido en 2017.

A Nelson se le considera el padre de los espejos segmentados y vino con frecuencia a Canarias para echarnos las preceptivas y merecidas filípicas según

avanzaba la construcción del telescopio y su instrumentación. Sus bonitas camisas hawaianas se echan de menos, así como sus siempre acertados consejos.

El GTC vio su primera luz en 2007, y comenzó a funcionar de forma regular a los dos años. Su coste aproximado fue de unos 130 millones de euros, lo que es, con diferencia, uno de sus mayores éxitos. Y uno de sus mayores problemas, dado que los gastos de operación no pueden competir con sustanciosas ofertas de contratos para trabajar en otros grandes telescopios que se encuentran en fase de diseño o construcción, con la consiguiente fuga de personal cualificado. Por comparar con campos de fútbol, Lionel Messi ganó en 2019 unos 72 millones de euros declarados (la cifra real se reveló después y marea incluso al marino más bregado), así que en un par de años se puede

hacer si quiere su propio telescopio, más grande que el nuestro, y aún le sobraría dinero como para comprarse un par de automóviles deportivos más.

El GTC tiene el diseño óptico típico de los grandes telescopios, el conocido como Ritchey-Chrétien-Cassegrain, en el que tanto el espejo primario como el secundario son superficies hiperbólicas. Este diseño debe su denominación al astrónomo estadounidense George Ritchey y al francés Henri Chrétien. El primer telescopio con este diseño se fabricó en 1927 y tenía solo sesenta centímetros.

Volviendo a los 36 segmentos del GTC, tienen 8 centímetros de espesor y unos 470 kilos de masa cada uno, con un pulido tal que el error máximo en sus superficies es de una millonésima de milímetro. Están fabricados con un vidrio llamado Zerodur, que como te imaginarás es todavía mejor que el Pírex. Por fortuna, no hubo que pulirlos a mano, como hacía Herschel. Todo el espejo primario pesa diecisiete toneladas, y el telescopio en su conjunto unas cuatrocientas.

El edificio, con su preciosa cúpula esférica —que no es blanca, por cierto, pero jamás la pintaremos de azul aunque nos torturen— tiene una altura de 41 metros, más o menos lo que la Estatua de la Libertad por ponerte el típico ejemplo anglosajón. Para aportar más números curiosos, la estructura metálica de la cúpula está compuesta de 60.000 piezas, con más de 16.000 tornillos y 43.000

tuercas. En la fabricación de este gigante, el sueño de Francisco Sánchez, intervinieron más de cien empresas de aquí y allá, y hemos echado horas unas mil personas —un número redondo que aparece por todas partes pero nunca me he puesto a contarlas—.

Sin duda, el mejor lugar para observar los cielos desde el hemisferio sur es Chile, y en concreto su inmenso desierto de Atacama, el más árido de la Tierra (con una excepción exótica en la Antártida); allí no llueve ni en Semana Santa.

Es una franja enorme de 1600 kilómetros de longitud por unos 180 de ancho, flanqueada al este por la cordillera de los Andes y al oeste por el océano Pacífico. No se te ocurra montar allí una tienda de paraguas. Otra cosa muy distinta es que quieras instalar un buen observatorio astronómico.

Las observaciones desde Atacama comenzaron alrededor de 1963, con la construcción del observatorio de La Silla por parte del Consorcio Europeo Austral (ESO, por European Southern Observatory), situado a

unos 600

kilómetros al norte de la capital Santiago y a 2400 metros de altitud. En paralelo y por separado, Estados Unidos también levantó en Atacama el observatorio de Cerro Tololo. A estas dos ubicaciones se les unió más tarde el de Cerro Paranal, con el formidable complejo VLT en su cumbre. El Very Large Telescope (VLT)

—en ocasiones, los astrónomos no son muy originales escogiendo nombres—

está formado por cuatro telescopios óptico-infrarrojos idénticos con un espejo primario de 8,2 metros de diámetro, y otros cuatro más pequeños que se utilizan de forma auxiliar. Lo más extraordinario de esta instalación del consorcio ESO

es que se pueden usar conjuntamente para alcanzar una gran resolución angular, mucho mayor que la del GTC y los Keck. En su modo combinado, el VLT puede resolver 0,002 segundos de arco, una barbaridad. Así que también, de alguna forma, puede presumir de ser el más grande en algo.

Los cuatro mosqueteros —todos para uno y uno para todos— se construyeron entre 1998 y 2000, y tienen el diseño mencionado de Ritchey-Chrétien-Cassegrain. El sistema de óptica activa que mueve sus delgados espejos (de apenas 177 milímetros de grosor pero de una masa de 350 toneladas) necesita de más de 150 actuadores electromecánicos para mantener su curvatura perfecta en cualquier posición de los telescopios. Aunque te decía que la denominación del conjunto es más bien sosa, cada telescopio recibe su propio nombre en lengua mapuche, y aquí las cosas mejoran un poco y se hacen más poéticas: Antu (el Sol), Kueyen (la Luna), Melipal (la Cruz del Sur) y Yepun (la estrella de la tarde, posiblemente Venus). La gran producción científica del VLT solo es superada por la del telescopio espacial Hubble. Y posee una instrumentación envidiable, tal vez la más completa del mundo.

La astronomía en Chile no acaba con el magnífico VLT. Casi estamos empezando. Cerca del observatorio de Cerro Tololo se ubica el moderno Cerro

Pachón (a 2715 metros de altitud), que solo tiene tres telescopios, pero de categoría. Allí está el SOAR de 4,1 metros (Southern Astrophysical Research Telescope), pero sobre todo el Gemini Sur. El proyecto Gemini consta de dos telescopios idénticos, como su nombre

indica. Este se ubica en Chile, mientras que su hermano gemelo está en la cumbre de Mauna Kea, en Hawái, en el hemisferio norte. Estos ingenios tienen un espejo principal de 8,1 metros y son un producto genuinamente estadounidense.

El tercer gran telescopio de Cerro Pachón pronto verá la luz —está prácticamente terminado y se espera que comience a operar en 2022, pero nunca se sabe—; se le conocía hasta hace muy poco por las siglas LSST (Large Synoptic Survey Telescope). Tiene un espejo de 8,4 metros de diámetro y una configuración especialísima, pues se va a dedicar a fotografiar todo el cielo a su alcance cada pocas noches durante la friolera de diez años seguidos. Para eso han fabricado la mayor cámara fotográfica del mundo, formada por un mosaico de… 3200 millones de píxeles, el equivalente a unos 378 televisores 4K de alta definición. Utilizan juntos 189 sensores de imagen digital de tipo CCD, que es lo que yo te decía varios capítulos atrás que hago en el IAC, aunque normalmente los manejo de dos en dos y aun así me da miedo romperlos.

Este singular gigante buscará el origen de la materia oscura y también el de la energía oscura, entre otras cosas de casi el mismo interés. Como el acrónimo de LSST no era muy fácil de pronunciar, ha cambiado su nombre a observatorio Vera Rubin, rindiendo homenaje a una de las figuras claves en la investigación de la esquiva materia oscura que falleció en 2016. Luego te hablaré un poquito de la gran Vera Cooper Rubin, de lo que hizo, lo que descubrió y de su propio afán personal para dar credibilidad a las mujeres en un ámbito dominado desde siempre por los hombres. Pero antes aún queda tela de la buena por cortar en Chile. De momento, solo una frase para la pareja de telescopios estadounidenses Magellan, con sus espejos de 6,5 metros cada uno, y que trabajan pegaditos en el observatorio de Las Campanas. Vieron la luz en el año 2000. También han sido sufragados por la fundación Carnegie, como lo fue Monte Wilson.

El desierto de Atacama chileno, además de alojar en Paranal los cuatro telescopios gigantes que forman el complejo óptico-infrarrojo VLT, tiene desde hace pocos años una instalación excepcional. Y carísima. Ha costado 1500

millones de dólares, diez veces más que nuestro doméstico GTC. Es el telescopio más ambicioso construido para la ciencia (exceptuando los

espaciales), fruto de una colaboración de muchos países encabezados por Europa (ESO), Estados Unidos, Canadá, Japón y Corea. Seguro que te suena el ALMA (Atacama Large Millimeter Array).

En este caso, ya no se trata de espejos convencionales para observar en el rango de longitudes de onda del visible y del infrarrojo, sino en el de las ondas milimétricas. Lo forma un enorme conjunto de radiotelescopios, y sus antenas receptoras están colocadas en el Llano de Chajnantor, a una altitud que quita la respiración, 5100 metros, y donde la humedad es bajísima (de hecho, el personal lleva botellas de oxígeno por si acaso, igual que ahora llevamos todos mascarillas).

ALMA estudia la luz de algunos de los objetos más fríos del universo. Esta luz tiene longitudes de onda de alrededor de un milímetro, entre el infrarrojo y las ondas de radio, por lo que se conoce como «radiación milimétrica» (desde 0,32

hasta 3,6 milímetros). Está compuesto por 66 antenas móviles de alta precisión, repartidas a distancias que pueden alcanzar los quince kilómetros. Las antenas tienen un diámetro de plato de entre 7 metros y 12 metros. Actúan conjuntamente como un solo telescopio, formando un gran interferómetro. La luz en estas longitudes de onda proviene de grandes nubes frías en el espacio interestelar, a temperaturas solo unas pocas decenas de grados por encima del cero absoluto, y de algunas de las galaxias más tempranas y distantes del universo.

ALMA es quizá el telescopio más poderoso que tenemos hoy. Estudia los componentes básicos de las estrellas, los sistemas planetarios, las galaxias y la vida misma. Proporciona a los científicos imágenes detalladas de estrellas y planetas naciendo en nubes de gas cerca de nuestro sistema solar, y detecta miles de galaxias distantes en formación en los límites del universo observable, que vemos tal y como eran hace unos 10.000 millones de años, muy poco después del Big Bang.

Antes de dejar Chile, tenemos que hablar de los cimientos del E-ELT (European Extremely Large Telescope). La fabricación de este monstruoso telescopio de 39,3 metros de diámetro de espejo ya ha comenzado. Se está levantando también en Chile, en el Cerro Armazones (a 3046 metros de altitud), y está financiado casi íntegramente por nuestro consorcio ESO. Se estima que solo la primera fase va a costar unos mil millones de euros. El espejo primario estará formado por la nada despreciable cifra de 798 segmentos hexagonales de Zerodur, de un tamaño

de 1,4 metros cada uno y unos 50 milímetros de espesor. Para alinearlos conjuntamente serán necesarios 2394 actuadores. El espejo secundario también tiene un tamaño respetable: 4,2 metros. El diseño

óptico es algo más complicado de lo que estamos acostumbrados a ver: cinco espejos.

La cúpula es, lógicamente, gigantesca. Tendrá una altura de 74 metros desde el suelo y un diámetro de 86 metros, con una masa total de 5000 toneladas. Solo el telescopio pesará otras 3700 toneladas más. Siguiendo con cifras apabullantes, hablemos de sus prestaciones. Su resolución angular será de 0,005 segundos de arco y su área colectora de luz de 978 m^2, con una longitud focal de 743,4

metros. No te puedo decir cuándo se terminará, porque en el informe del proyecto pone que en 2025 lo que, claramente, es imposible. Apenas ha comenzado en 2019 la cimentación del edificio. Pero ahí está.

Por descontado, solo podrá usarse con óptica adaptativa, que utilizará al menos ocho estrellas artificiales de guiado generadas por láseres confiscados a guerreros jedi. Espero que el último dato que te voy a dar termine de impresionarte: el ELT tendrá la capacidad de recoger una cantidad de luz equivalente a cien millones de ojos humanos.

Seguramente desde niño te hayan dicho que la cima más alta del mundo es el monte Everest, en la cordillera del Himalaya, con sus 8848 metros sobre el nivel del mar. Y es cierto. Pero lo que no se suele mencionar es que hay un enorme volcán en una isla de Hawái (isla Grande, Big Island en inglés) que tiene un tamaño de 10.200 metros, con la salvedad de que solo 4205 de ellos sobresalen por encima de la superficie del mar. Mauna Kea es un inmenso volcán que, como un iceberg, esconde gran parte de su mole bajo el agua y, de hecho, es la mayor montaña del mundo. Esto no es obstáculo para que podamos aprovechar su parte emergente para observar los cielos. Y muy bien, por cierto.

El complejo hawaiano de Mauna Kea compite con La Palma por ser el mejor lugar de observación del hemisferio norte. A su favor tiene su mayor altitud (los citados 4205 metros), que favorece cierto tipo de observaciones en el rango infrarrojo más lejano, puesto que la atmósfera es mucho más tenue y tiene una humedad mínima. En su contra, una climatología más severa —muchas noches se pierden debido a la nieve— y, recientemente, la tóxica relación entre religión y política. Este asunto lo dejamos para el final, porque se las trae.

Subir a Mauna Kea una vez es una inolvidable excursión, pero trabajar allá arriba de forma regular requiere una adaptación. La regla obligada para el turista ocasional es parar a mitad de camino un par

de horas en un estratégico centro de visitantes, donde puedes comprar cualquier gorra de béisbol grabada con la imagen de tu telescopio favorito y, además, ver unas cuantas películas mientras comienzas a aclimatarte. Entretanto, te atiborran a bebidas azucaradas y enormes aspirinas para prevenir que no te dé un vahído o algo peor en la cumbre.

También firmarás un papel en el que se dice que, si subes, allá tú. Salvo la lógica fatiga, yo no he sufrido el mal de altura ninguna de las dos veces que he subido, pero sí uno de mis compañeros, que lo pasó bastante mal. La que sí te puedo asegurar que sufrió es mi vejiga, por mor del exceso de líquido ingerido y del intenso frío, así que te puedo confesar sin pudor alguno que el primer espejo que vi en el telescopio Keck fue el del cuarto de baño. Y detrás de mí corrieron todos los demás, acuciados por el mismo mal que atormentó a Tycho Brahe.

El archipiélago de Hawái tiene nueve islas principales, un enorme número de volcanes y una gran afluencia de turistas a sus playas. En este sentido, las similitudes con las islas Canarias son enormes, salvo que nos ganan por una isla (ocho en Canarias; siempre una cosa menos en todo, empezando por la hora), aunque nosotros arrasemos en el número de turistas —no estoy del todo convencido de que esto sea un triunfo o una necesidad irremediable—. En cualquier caso, si viajas desde las atlánticas Canarias hasta las pacíficas Hawái, como ha sido mi caso, te sorprenderás del gran número de coincidencias. Salvo en el peso medio de sus habitantes, por descontado. Tal vez a la larga, la gravedad conjunta producida por su sobrealimentada población haga sumergirse algo más a Mauna Kea, y acabe equiparándose en altura con El Roque de los Muchachos.

El primer astrónomo que se fijó en Mauna Kea fue Gerard Kuiper. Tenía, como ya te he contado, un buen ojo. Un ojo excelente. Kuiper buscaba ubicaciones para realizar observaciones en el rango infrarrojo, y las imágenes que proporcionaba la NASA con sus satélites revelaban que esta cumbre en el entonces casi perdido archipiélago hawaiano podía ser una gran elección. El holandés llegó a convencer al gobernador de Hawái para construir una pista hasta la cumbre —sí, como Francisco Sánchez en La Palma—, y realizó las primeras comprobaciones con un pequeño telescopio que, prudentemente, no colocó en la misma cima, que era y es sagrada para los nativos.

Además de buen ojo, tuvo evidente mano izquierda, habilidades perdidas hoy en

día. A raíz de los inmejorables resultados de sus observaciones, Kuiper

aconsejó a la NASA que instalara allí uno de sus telescopios. Sin embargo, la NASA confió la tarea a un profesor de física de la Universidad de Hawái —un tal John Jefferies—, que fue quien instaló el primer telescopio, de 2,24 metros, en la cumbre. Kuiper, enfurecido, se marchó al observatorio de Arizona. La primera luz en Mauna Kea se vio en 1970.

En Mauna Kea hay en la actualidad trece grandes instalaciones de once países.

Parecen pocas, pero es que son muy muy grandes. Te citaré solo las que están en la misma cumbre: el telescopio francocanadiense CFHT (4,2 metros), el Gemini Norte (8,1 metros), el infrarrojo de la NASA, el británico UKIRT, el japonés Subaru (8,2 metros) y, por supuesto, la pareja de telescopios Keck (10 metros cada uno). Como para gustos hay colores excepto el azul, te diré que mi favorito es el Subaru, que es la denominación japonesa para el cúmulo abierto de Las Pléyades y, sí, también es una marca de automóviles en la que aparecen las estrellas en su logo. Es realmente precioso y preciso, da igual el orden en que leas la frase. Contiene el hasta hace poco mayor espejo monolítico del mundo, ligeramente mayor que el de los Gemini y los VLT.

La referencia de Mauna Kea son los famosos telescopios Keck. Honran con su nombre a William Myron Keck, otro mecenas —y van unos cuantos— que hizo fortuna también con el petróleo. Este fue el fundador de la Superior Oil Company, hoy dentro de la todopoderosa ExxonMobil. Desde su fundación se financian un buen número de proyectos de toda índole.

Los Keck son dos ingenios idénticos construidos entre 1993 y 1996.

Revolucionaron el diseño en los telescopios al segmentar su espejo primario, un concepto desarrollado conjuntamente por Terry Mast en la Universidad de California y, sobre todo, el añorado Jerry Nelson en el Lawrence Berkeley Laboratory. El Keck-1 costó unos setenta millones de dólares, y vio su primera luz con solo 9 de sus 36 espejos, con el fin de certificar su exitoso concepto. Una vez convencidos propios y extraños de las ventajas de esta revolución tecnológica, los dólares fluyeron como la lava para la fabricación del Keck-2 y su esmerada instrumentación.

El diseño segmentado ha sido la base de posteriores telescopios entre los que destaca nuestro GTC, ligeramente mayor con sus 10,4 metros. También tienen espejos segmentados el SALT en Sudáfrica (2005),

que, con sus 10 metros, es el mayor del hemisferio sur, y el HET —Hobby-Eberly Telescope— en Texas

(1996). Este tiene diez metros de diámetro, pero sus segmentos son más pequeños y numerosos (91). Estos dos telescopios segmentados tienen truco.

Ambos tienen fijada la altitud del tubo, por lo que solo pueden observar alrededor del 70 por ciento del cielo. Y tanto el comentado gigante en construcción E-ELT, como el controvertido y congelado TMT, están basados en este diseño.

El TMT —Thirty Meter Telescope— está en el ojo del huracán. Es el gran proyecto de la astronomía estadounidense, y la contrapartida al proyecto europeo ELT de 40 metros. Pero uno se ubica en el hemisferio sur y el otro, si cuaja, estará en el norte, de tal forma que sus observaciones del cielo serán complementarias. Detrás del TMT hay un consorcio de numerosas instituciones científicas internacionales, principalmente estadounidenses, como la Fundación Gordon and Betty Moore, que aporta 200 millones de dólares. Gordon Moore es el cofundador de Intel y el padre de la llamada «ley de Moore», que se aplica en la potencia de los procesadores. También hay jugosas partidas nacionales canadienses, japonesas e incluso indias y chinas.

El proyecto comenzó a gestarse al poco de iniciarse el siglo y, si las cosas hubieran seguido un curso normal, a estas alturas estaría prácticamente terminado. Pero estos años han estado salpicados de problemas. La población nativa de Hawái está utilizando el TMT como símbolo de décadas de agravios y desafecciones de Estados Unidos hacia las islas, y la oposición popular, lejos de disminuir, aumenta a diario. He comenzado contándote cómo Gerard Kuiper puso especial cuidado en la instalación del primer telescopio en Mauna Kea.

Quienes lo siguieron no lo hicieron así.

La cumbre es un lugar sagrado para los nativos, y cada telescopio que se construye en ella supone un ladrillo más en el muro de la humillación para muchos hawaianos. A pesar de los compromisos y promesas de los directores del consorcio, del gobierno local, de las universidades y de las instituciones involucradas, el proyecto está completamente parado cuando redacto este capítulo. La situación llegó a un punto de no retorno en 2019, cuando los opositores al TMT bloquearon los accesos a Mauna Kea impidiendo las observaciones astronómicas de todo el complejo durante semanas, y también el

comienzo de las obras, que tenía luz verde tras un controvertido fallo judicial.

No faltaron famosos y advenedizos de toda índole que se sumaron a las reivindicaciones, como conocidos actores de Hollywood: Jason Momoa, Leonardo DiCaprio, Dwayne Johnson o el cantante Bruno Mars. Una vez ha

comenzado el espectáculo, este debe continuar.

Algo debían de barruntarse los promotores del TMT cuando, al elegir su ubicación preferida en 2007, pensaron en un segundo lugar adonde ir si las cosas se torcían. Torcidas están, y esa alternativa es, precisamente, La Palma. Todo está preparado en Canarias para recibir al gigante si finalmente dan el paso atrás (o adelante, depende de cómo lo mires). Incluso existe una resolución del Parlamento español apoyando explícitamente su instalación en la isla y rubricada por todos los partidos políticos sin excepción, lo que ya de por sí es algo inaudito y, posiblemente, irrepetible. En La Palma también ha surgido un movimiento mimético anti-TMT, pero de momento solo está formado por una persona que tiene, además, que ocuparse de la oposición a las temibles antenas de la nueva telefonía móvil 5G por todo el archipiélago. El juego sucio también afecta a los telescopios. Durante mucho tiempo circuló el bulo de que el TMT funcionaría gracias a un reactor nuclear, lo que tuvo que ser desmentido públicamente por su consorcio. Y esto es solo un ejemplo.

La inesperada epidemia del covid-19 ha impuesto un compás de espera en la decisión final. Tal vez cuando leas este libro ya haya un desenlace. El proyecto podría suspenderse durante unos años más esperando un cambio de postura por parte de los opositores, o cancelarse a pesar de todo el dinero ya gastado. Tristes y sonoros precedentes hay, como el llamado SSC —Superconducting Super Collider—, un gigantesco sincrotrón llamado a competir con el europeo LHC y que fue cancelado por la administración Clinton tras haberse invertido más de 2000 millones de dólares en 1993. Hoy de aquello solo queda un enorme túnel de veintidós kilómetros bajo tierra tejana. Sin embargo, no todo son malas noticias desde Hawái.

Con mucha mayor habilidad política, el National Solar Observatory estadounidense ha levantado en la vecina isla de Maui el DKIST — Daniel K.

Inouye Solar Telescope—, el mayor telescopio solar del mundo con sus cuatro metros de apertura, recién estrenado en el año 2020. Daniel K.

Inouye no fue ningún astrónomo ni científico, sino un político y héroe de guerra estadounidense, además de senador de Hawái durante muchos años y gran defensor de los derechos de los nativos, amén de tener ascendencia japonesa, la principal colonia asiática en esas islas. Con un padrino tan ilustre, la construcción del fantástico DKIST ha sido muchísimo más tranquila de lo esperado y, por supuesto, sin interferir para nada con las ancestrales creencias religiosas respecto a Mauna Kea.

Va siendo hora de cerrar el largo capítulo de los grandes telescopios. Pero, sin afán de ser exhaustivo, no puedo dejar de citar unos pocos más. El primero de ellos tiene un concepto muy interesante y recibe el nombre de Large Binocular Telescope. Inaugurado en 2005, mira al cielo desde Arizona. Este proyecto financiado por varias universidades de todo el mundo tiene dos espejos circulares de 8,4 metros trabajando de forma conjunta, lo que aumenta su superficie colectora (hasta hacerla equivalente a uno único de 11,8 metros), pero no mejora el límite de difracción.

Su ubicación en el monte Graham también ha sido muy contestada, en esta ocasión por una tribu apache que, en colaboración con un potente grupo ecologista defensor de una subespecie de ardilla americana roja, ha planteado más de cuarenta demandas. A pesar del telescopio, y de dos pavorosos incendios forestales acaecidos en solo ocho años, el número de ardillas solo ha fluctuado en función de la cosecha de nueces. De los apaches no sé nada más.

Este novedoso concepto de usar varios espejos circulares, en lugar de hexagonales al mismo tiempo, es el adoptado también por el GMT —Giant Magellan Telescope—, actualmente en construcción en el observatorio de Las Campanas, en Chile. Tendrá siete segmentos, cada uno de 8,4 metros de diámetro. Habrás notado que esta medida parece ser el límite en los espejos monolíticos circulares. Pues sí, pero solo por ahora. Así que el espejo múltiple del GMT será equivalente a uno único de veintidós metros. Tras el E-ELT y el TMT, es el tercer proyecto de telescopio gigante óptico infrarrojo en construcción.

¿Y China? Pues poca cosa, lo que no deja de sorprenderme. La actual superpotencia parece más centrada en la carrera espacial que en la observación astronómica. Su proyecto estrella por ahora es el FAST —Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope—, que, como indica su nombre, es un casi inconcebible disco metálico de 500 metros de diámetro para recibir ondas de radio con longitudes de onda entre 10 centímetros y 4,3 metros. En chino se denomina Tian Yan —«el Ojo del Cielo»—, similar a Tian Tan, que es el nombre del

Templo del Cielo pequinés que da título a este largo capítulo.

Desde 2017 funciona de forma continuada, habiendo dejado pequeño al famosísimo y malogrado radiotelescopio de Arecibo, en Puerto Rico, que tenía solo 300 metros. Al contrario que Arecibo, que era fijo (y que se acaba de

desplomar por completo en el fatídico año de 2020), la curvatura del FAST

puede cambiarse ajustando la parábola de su superficie, formada por 4450

paneles triangulares. Ha costado unos 180 millones de dólares y está emplazado en una depresión natural en la provincia de Guizhou, en el suroeste de China. Es, por supuesto, el mayor radiotelescopio del mundo y, si nos olvidamos del rango electromagnético en el que trabaja, la mayor superficie del planeta que capta radiación del cielo. Imagínate hacer un arroz con esto. Si con el inmenso FAST

no recibimos señales SETI, no creo que nada nos sirva ya.

XIX

Sin turbulencias

No toda la astronomía se puede hacer desde la Tierra. Ya te he mencionado que, por una parte, la contaminación lumínica de las ciudades y, por otra, las turbulencias atmosféricas, dificultan mucho la tarea de los cientos —miles— de telescopios que tenemos mirando al cielo. El primer problema se puede soslayar buscando lugares especialmente oscuros, alejados de poblaciones y protegidos con leyes que eviten que luces innecesarias estropeen las observaciones. En Canarias existe una disposición pionera, la ley de Protección del Cielo, que limita muchísimo los excesos urbanísticos y turísticos.

Como ejemplo, te diré que los equipos de fútbol de la isla de La Palma han de jugar sus partidos siempre de día, y que allí tampoco verás muchos fuegos artificiales, ni luces de neón anunciando discotecas ni puticlubs. Son pequeños sacrificios que casi toda la población entiende, sobre todo cuando se valora el enorme retorno, tanto social como económico y de prestigio, que supone albergar un observatorio astronómico de primera fila mundial. Y sí, tengo que admitir que los ecosistemas de ardillas son importantes en cualquier observatorio

—en La Palma no hay, pero no por culpa nuestra, y es que tenemos

nuestra propia fauna—,29 pero en el equilibrio está la virtud y cualquier nueva instalación científica que se construye en nuestras cumbres implica un serio estudio de impacto medioambiental que es previo y preceptivo. Aunque nunca llueve a gusto de todos, y por más que digas que recibir luz con un espejo es algo absolutamente inocuo, siempre hay quienes quieren hacerse notar diciendo lo contrario. Créeme si te digo que hay quien vive de ello al albur del desconocimiento general y la ignorancia particular.

El segundo problema al que hacía referencia son las turbulencias atmosféricas que introducen distorsiones en las imágenes. Ya te he hablado de ello y de las cada vez más potentes herramientas que tenemos para corregir este efecto, y

prácticamente no hay telescopio moderno que no incorpore una o varias técnicas de óptica adaptativa. Sin embargo, hay un tercer problema que no he citado y que, desgraciadamente, no tenemos manera de remediar desde aquí abajo.

Nuestra atmósfera es prácticamente transparente a la luz visible y a las ondas de radio, pero no tanto en el infrarrojo y prácticamente nada a los rayos ultravioletas, los rayos X y los rayos gamma. No nos podemos quejar de ello, salvo que estuviéramos locos. Si la atmósfera no bloqueara estas radiaciones de alta energía, nuestras vidas no existirían. Así que hacemos de la necesidad virtud y, con este problema en mente —y los dos anteriores, ya puestos—, hace ya muchos años que se nos ocurrió mirar al cielo desde un poquito más cerca de él.

Por lo menos, desde más allá de la atmósfera.

Al primero al que se le ocurrió fue al estadounidense Lyman Spitzer, que era un prestigioso físico teórico que trabajó en un montón de campos, y en casi todos bien. En 1957, la Unión Soviética había puesto en órbita ya el primer satélite artificial —el Sputnik, claro—, y Spitzer diría pocos años después que un gran telescopio desde el espacio tendría claras ventajas. Durante las dos décadas siguientes impulsó con fuerza esta idea, que cuajó en el telescopio más potente y famoso que tenemos operando desde hace años en órbita, el HST —Hubble Space Telescope—. Por supuesto que las mil y una vicisitudes de este ingenio se van a comer buena parte de los contenidos de este capítulo. Aunque antes vamos con otras cosas también bastante curiosas.

Lyman Spitzer, que falleció en 1997, no pudo ver cómo uno de los

mejores y más grandes telescopios espaciales que hemos usado hasta hace nada ha llevado su nombre. El Spitzer ha sido uno de los cuatro grandes telescopios que la NASA lanzó en el período comprendido entre los años 1990 y 2003, especializados en cada una de las cuatro grandes regiones del espectro electromagnético a observar: en el espectro visible, el inefable Hubble (HST, 1990); en el infrarrojo, el Spitzer Space Telescope (SST, 2003); en los rayos gamma, el Compton Gamma Ray Observatory (CGRO, 1991), y en los rayos X, el Chandra X-ray Observatory (CXO, 1999). Estos cuatro formaban el Great Observatories Program de la NASA, y, además de cubrir la mayor parte del espectro de interés y complementarse en las observaciones, tenían una característica más en común nada despreciable: todos iban a ser puestos en órbita por transbordadores espaciales, lo que en principio aseguraba un cierto ahorro en su elevadísimo coste. Y así fue, salvo en el caso del infrarrojo Spitzer.

Por una vez, voy a contarte las cosas empezando por el final, ya que he comenzado hablando del visionario Lyman Spitzer. El rango infrarrojo es, tal vez, el que más información puede facilitar a la astronomía moderna. Los grandes telescopios terrestres diseñan hoy sus mejores instrumentos para trabajar en este rango, como el ansiado James Webb, el sucesor natural del Spitzer, que será nuestra herramienta más poderosa para desvelar los secretos del universo en los próximos años.

El Spitzer tomó el relevo de dos pequeños telescopios infrarrojos anteriores, el IRAS —Infrared Astronomical Satellite— y el ISO —Infrared Space Observatory—. Este último fue el fruto de una amplia colaboración internacional y tenía un espejo de 60 centímetros con cuatro instrumentos a bordo. Lanzado en 1995, su misión finalizó al agotarse el helio líquido que enfriaba los instrumentos tres años después.

No sé si será muy relevante el dato que voy a darte ahora pero a mí me gusta recordarlo. El Instituto de Astrofísica de Canarias participó en el proyecto de uno de estos instrumentos (ISOPHOT), y el que te cuenta estas cosas fue uno de los que probó sus detectores. De hecho, fue lo primero que hice cuando empecé a trabajar en el IAC allá a finales de 1991. Los 2286 litros de helio duraron 28

meses —en lugar de los 18 previstos—, y la misión fue un éxito (en caso contrario no te lo habría contado y te seguiría hablando de ardillas para escurrir el bulto).

El Spitzer era mucho más potente y más grande, con una masa total de

950 kilos, un espejo de berilio de 85 centímetros y suficiente helio líquido como para durar cinco años. Costó unos 776 millones de dólares y se lanzó el 25 de agosto de 2003 a bordo de un cohete Delta-II. La misión iba a durar inicialmente 2,5 años, pero el consumo de helio fue mejor que el esperado y se prolongó hasta los 5,5

años. Incluso, transcurrido ese tiempo, algunos instrumentos pudieron seguir funcionando en longitudes de onda más cortas, en la misión Spitzer Warm. Así que no ha tenido que ser desactivado hasta el 30 de enero de 2020, todo un récord.

En sus comienzos, el diseño del Spitzer era muy diferente. La primera idea era que el telescopio se mantuviera pegado al trasbordador espacial durante misiones de unos treinta días y luego volviera a la Tierra, donde sería reequipado para el vuelo siguiente. Pero dos razones hicieron cambiar este concepto inicial: la primera es que el entorno del transbordador era «sucio» para observar en el

infrarrojo, y la segunda, el inesperado desastre del Challenger, a raíz del cual hubo de suprimirse la etapa propulsora superior Centauro que habría de colocarlo en su órbita final. El rediseño del Spitzer fue radical: en lugar de mantenerse en una órbita geocéntrica, lo haría en una heliocéntrica similar a la terrestre, pero alejándose 15 millones de kilómetros cada año (girando en una espiral). Esta idea permitía que los instrumentos y el espejo se enfriaran de forma natural, y que el helio durara más.

Con el Spitzer se han descubierto muchísimas cosas, así que voy a citar algunas.

En 2005 fue el primer telescopio en recibir luz directa de dos exoplanetas (dos jupíteres calientes, los HD 209458 b y TrES-1b), ya que hasta entonces solo se detectaban exoplanetas por las variaciones en el comportamiento y brillo de las estrellas en torno a las que orbitan. Y también, tras más de cuatrocientas horas de observación con él, se determinó que la Vía Láctea tiene una forma de galaxia espiral «barrada» mucho mayor que lo que se especulaba hasta entonces. O que la extraña forma de doble hélice de una nebulosa de unos 80 años luz de tamaño cerca del centro de la Vía Láctea reveló la presencia de un agujero negro supermasivo en nuestro núcleo galáctico, a unos 25.000 años luz de la Tierra. Y

mil cosas más, sin olvidarnos del extraño anillo de Phoebe alrededor de Saturno que ya he descrito.

El Chandra X-ray Observatory fue el tercer gran telescopio de la serie en ser puesto en órbita. Salió de la superficie terrestre el 23 de julio de 1999 a bordo del recordado transbordador espacial Columbia. Gira alrededor de la Tierra en una órbita muy elíptica cada 64,2 horas, lo bastante lejos como para evitar los cinturones de radiación, a un tercio de la distancia lunar, así que no tenía opción de ser reparado si fallaba.

Aunque recuerda en su nombre al gran Subrahmanyan Chandrasekhar, la abreviatura de Chandra tiene un poco que ver con esta proximidad lunar, ya que, si sabes sánscrito —que no me extrañaría—, conocerás que así se denomina a nuestro satélite. El nombre de Chandra salió de un concurso que tuvo más de 6000 participantes. Pero el auténtico padre del Chandra es el italiano Riccardo Giacconi.

Este genovés recibió en 2002 el Premio Nobel de Física precisamente por sus contribuciones en astrofísica en el descubrimiento de fuentes cósmicas de rayos X. Como no hay manera de captar rayos X desde la Tierra —las radiografías no

cuentan—, Giacconi participó en varios desarrollos espaciales, como el pionero Uhuru (lanzado por la NASA en 1970), que, mira tú, fue el artefacto que estudió más a fondo Cygnus X-1, el primer candidato a agujero negro que se conoció y que tan caro le salió a Stephen Hawking.

Giacconi comprobó que este objeto mostraba fluctuaciones en los receptores de rayos X en intervalos muy rápidos, y que esta variación en la energía tenía lugar en un área muy pequeña, muchísimo menor que el tamaño del Sol. Por cierto, si también sabes suajili —ya puestos —, seguro que conoces que Uhuru significa en ese idioma «libertad». El nombre fue una cortesía de la NASA a los kenianos, dado que este primer satélite de rayos X fue lanzado desde una base militar italiana en ese país africano, en una órbita casi ecuatorial. El otro gran satélite en el que Giacconi participó antes del Chandra fue el observatorio Einstein. Su nombre oficial es HEAO-2 —High Energy Astronomy Observatory—, y fue lanzado a una órbita baja en 1978, siendo el primero capaz de tomar ya imágenes completas en rayos X. Funcionó hasta 1981.

El Chandra sigue funcionando. Y eso que solo estaba previsto que durara cinco años. Sobre todo, ha revelado numerosos detalles en la evolución de los remanentes de supernovas como Casiopea-A y la nebulosa del Cangrejo, así rebautizada por William Parsons con su Leviatán. También en nuestra vecina SN

1987A. El Chandra también ha detectado emisiones en las proximidades de agujeros negros supermasivos e, incluso, sugerido la existencia de objetos más densos que los púlsares o estrellas de neutrones: las estrellas de quarks. De estos objetos tan inquietantes me ocuparé brevemente en el capítulo dedicado al fin del mundo, que seguro que devoras.

El telescopio que usa el Chandra es algo peculiar, dado que los fotones de rayos X son muy energéticos y no son reflejados, sino absorbidos por los espejos normales. Así que, dentro del enorme cilindro que forma el telescopio, anidan una serie de superficies reflectantes de iridio muy inclinadas, con unos diámetros que van desde los 65 hasta los 123 centímetros. Todo esto para conseguir que más del 80 por ciento de los rayos X detectados terminen dentro de una pequeña área colectora. Esta disposición de espejos tan característica para captar rayos X

se denomina «telescopio Wolter» y debe su nombre al físico alemán Hans Wolter. El diseño del telescopio Chandra ha sido lógicamente mejorado en su sucesor natural, el telescopio europeo XMM-Newton.

El Compton Gamma Ray Observatory fue el segundo de los grandes observatorios de la NASA en ser lanzado, concretamente el 5 de abril de 1991 a bordo del transbordador Atlantis. En su momento, y con sus

más de 17

toneladas, fue la mayor carga científica puesta en órbita con este procedimiento.

Costó unos 617 millones de dólares, y se situó en órbita baja, a unos 400

kilómetros de altitud media.

Su nombre es un homenaje de la NASA a Arthur Compton, un destacado físico estadounidense que en 1923 descubrió el famoso efecto que hoy lleva su nombre: un fotón aumenta su longitud de onda asociada al chocar con un electrón y perder parte de su energía, lo que termina de demostrar la naturaleza cuántica de la luz y la explicación del efecto fotoeléctrico de Albert Einstein.

Darse cuenta de esto, investigar los rayos cósmicos y los propios rayos X fue más que suficiente para hacerse merecedor del Nobel de Física de 1927. En la parte menos amable de este gran científico figura que tuvo un papel clave en el Proyecto Manhattan, dirigido por su colega Robert Oppenheimer. Básicamente, Compton fue el experto que trabajó en separar el plutonio del uranio. Pero volvamos al satélite.

El Compton funcionó durante más de nueve años y fue destruido de forma controlada en junio del año 2000. Uno de sus tres giróscopos había fallado, lo que hizo que los responsables de la misión cambiaran su órbita. Tras muchas dudas, los técnicos concluyeron que, si fallaba una segunda unidad, el enorme satélite podía quedar fuera de control, así que, aunque el observatorio funcionaba perfectamente, decidieron estrellarlo en el Pacífico porque una buena parte de sus componentes iban a aguantar la reentrada sin pulverizarse. Como unos 5000

tornillos de titanio, por ejemplo. Más vale prevenir que lamentar. Era la primera vez que la NASA tomaba una decisión de este tipo con un satélite.

Este observatorio tenía cuatro instrumentos a bordo y realizó, como sus compañeros, valiosísimas observaciones del cielo en el rango del espectro electromagnético que comprende fotones con energías entre los 20

kiloelectronvoltios hasta los 30 gigaelectronvoltios. El principal campo de investigación fue el de los GRB, o Gamma Ray Bursts. Estos «brotes» de rayos gamma se asocian con enormes explosiones de energía en galaxias distantes y son, de largo, los sucesos

electromagnéticos más energéticos que detectamos.

Los estallidos pueden durar desde fracciones de segundo hasta varias horas, aunque los habituales son de unos pocos segundos.

Se descubrieron por casualidad en la década de los sesenta, cuando varios satélites Vela estadounidenses vigilaban los pulsos de radiación gamma emitidos por las armas nucleares, las suyas y las ajenas. Al detectarlos sospecharon, cómo no, de la Unión Soviética, que estaría quebrantando la firma del Tratado de prohibición de ensayos nucleares de 1963. Antes de que llegara la sangre al río, los estadounidenses comprobaron que hasta dieciséis de estos brotes superenergéticos provenían de distintas partes del cielo, así que los soviéticos no eran los responsables. Lo que quizá evitó una guerra nuclear, vete a saber.

Los experimentos del Compton desvelaron que estos GRB venían de cualquier dirección del espacio. El instrumento llamado BATSE detectaba al menos uno cada día, y al final de la misión había anotados más de 2700. Y lo mejor de todo era que no tenían su origen en la Vía Láctea, como se había supuesto, sino en galaxias muy distantes, lo que daba idea de su enorme energía. Se ha especulado mucho sobre su origen. El más aceptado es el modelo del colapso, en el que una estrella muy masiva termina como una supernova o un agujero negro. La caída de materia al interior de la estrella en el final del proceso provoca una pareja de estrechos chorros relativistas de rayos gamma en la dirección del eje de rotación del disco de materia. Esto podría suceder también en estrellas del tipo Wolf-Rayet y en otras como la famosísima Eta Carinae, clara candidata a supernova.

Se estima que estos bestiales eventos en una galaxia similar a la nuestra ocurren cada 100.000 años o más. Pero si nos llegara, más vale no pensar en ello. Más información, en el próximo capítulo de catástrofes.

Voy ya con el primero de los grandes observatorios de la NASA y, tal vez, el ingenio más sofisticado, preciso y poderoso que ha utilizado hasta hoy el ser humano para observar los cielos: el telescopio espacial Hubble. Es tan famoso que incluso ha eclipsado al astrónomo del cual recibe el nombre, y eso que Edwin Hubble es bastante difícil de obviar. El Hubble es la historia de un fracaso y muchos éxitos. Vamos primero con algunos de sus números.

Pesa once toneladas y mide algo más de trece metros, con un diámetro de 4,2

metros en su forma cilíndrica. En ese diámetro se encuentra contenido su tristemente famoso espejo de 2,4 metros. A menudo —casi siempre, da igual lo que leas y dónde— te dirán que su tamaño es similar a un gran autobús de dos plantas, salvo que no es rojo británico sino metalizado yanqui (pero, por supuesto, tampoco es azul). Su instrumentación opera principalmente en el rango electromagnético visible, aunque también en el ultravioleta y el infrarrojo

cercano. Da vueltas a la Tierra en una órbita casi circular a una altitud de 540

kilómetros, situación idónea para que pudiera ser colocado y, posteriormente reparado —menos mal—, por los astronautas de los transbordadores espaciales.

Su presupuesto inicial fue de unos 400 millones de dólares, pero acabó costando más de… 4700 millones. Y eso sin contar la reparación ni las piezas traídas de Alemania —esto es una broma mía—. Se calcula que los costes acumulados del Hubble, ya en 2010, habían ascendido a unos 10.000 millones de dólares. Lo que Messi y yo juntos ganamos en un mes.

El Hubble fue pagado principalmente por la NASA, aunque también los europeos pusimos algo de dinero, el suelto de los bolsillos. El proyecto nació en los años setenta, cuando te contaba que los espejos parecían haber encontrado un límite de tamaño y tampoco había manera de romper la resolución impuesta por el límite de difracción afectado por las molestias del seeing. El Hubble alcanza hoy una resolución óptica media de unos 0,04-0,05 segundos de arco, diez veces mejor que el mejor de los seeings. El espacio tiene esas cosas. La primera fecha prevista para su lanzamiento era el año 1983, aunque lógicos retrasos, escasez de presupuesto y problemas técnicos —lo habitual— fueron demorando el despegue. Entonces sucedió lo inesperado: el transbordador Challenger se pulverizó el 28 de enero de 1986 a los 73 segundos tras despegar, desintegrándose con él los siete miembros de la tripulación. El Hubble tendría que esperar. Había que saber qué había ocurrido, y estar seguros de que no volvería a pasar. Por fin, el 24 de abril de 1990, despegó a bordo del Discovery.

El diseño del Hubble es el clásico de los telescopios profesionales: un Ritchey-Chrétien-Cassegrain, con sus dos espejos hiperbólicos. Es el mejor diseño óptico conocido, pero también el más difícil de fabricar. El pulido debe tener una precisión de 1/10 veces la longitud de onda visible, pero en el caso del Hubble

—que trabaja en varias longitudes de onda y en el límite de difracción —, el requerimiento es mucho más exigente: como 1/65 o unos 10 nanómetros (nm).

La empresa encargada de esta tarea fue Perkin-Elmer, que solo para ello desarrolló un conjunto de máquinas pulidoras con control numérico de última generación. No repararon en gastos. El vidrio fue fundido por la empresa Corning. Se adoptaron todo tipo de precauciones y comprobaciones e, incluso, se encargó un segundo espejo de backup, en este caso a la compañía Kodak. ¿Algo podía salir mal?

Murphy dijo que sí. A las pocas semanas del lanzamiento, llegaron las primeras imágenes. Nadie podía creer lo que estaba viendo. O lo que no estaba viendo.

Los de Perkin-Elmer descolgaron los teléfonos y buscaron trabajo en Alaska. No había manera de enfocar. Las estrellas aparecían emborronadas en más de un segundo de arco, diez veces peor de lo previsto. Un fiasco en toda regla. Imagino que a los ingenieros del telescopio BTA-6 soviético se les escaparía alguna que otra carcajada. Después de múltiples comprobaciones y simulaciones, se descubrió un error en el pulido en la parte más exterior del espejo de unos 2200

nm, lo que producía una enorme aberración esférica. Es un problema muy conocido en lentes y espejos, y tiene su origen en la propia curvatura de la óptica, que da lugar a múltiples focos si no es debidamente corregida. En resumen, no había nada que hacer. Al menos, desde la Tierra.

Aquello era un desastre nacional. Después de la catástrofe del Challenger, casi 5000 millones de dólares se habían tirado por el desagüe. No valía para nada.

Las críticas desde los medios fueron feroces, comparando al Hubble con el dirigible Hindenburg y, por supuesto, con el Titanic. Hoy no habría memes suficientes en Twitter para tanta burla. Muchos abogaban por aprovechar lo que se pudiera y pasar página. Aunque había un segundo espejo casi listo, no se podía sustituir estando el telescopio ya en órbita. Traer el Hubble de vuelta y empezar casi de cero era inasumible. Así que la NASA decidió apostar a doble o nada. Se le ocurrió ponerle gafotas al niño, lo que no era una tarea en absoluto trivial. La solución fue el COSTAR —Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement—, un complejo sistema óptico que corregía la aberración esférica del primario. Su diseño y fabricación

llevaron tres años. En diciembre de 1993 el Endevour llevó a cabo la primera misión de servicio. Lo principal era instalar el COSTAR. Había que cambiar algunos instrumentos de sitio, quitar otros y colocar el invento.

Ya sabes que fue un éxito. A partir de entonces, el Hubble comenzó a impresionarnos. Y la NASA ganó la apuesta y recuperó su prestigio, tanto en el desarrollo de telescopios espaciales como en el programa de los transbordadores.

Las imágenes en vivo de la reparación del enorme telescopio en medio del espacio fueron un enorme reclamo para los espectadores. Había salido un poco caro, pero mereció la pena. El COSTAR fue desmontado cuando los nuevos instrumentos incorporaron las correcciones ópticas en su propio diseño.

Los transbordadores realizaron hasta cinco misiones de servicio; la última, por medio del Atlantis en mayo de 2009. Entremedias también tuvo lugar el segundo desastre de los Space-shuttles, el del Columbia en 2003, lo que puso el último clavo en la tapa de la caja de los transbordadores, y también supuso el final de

las posibles reparaciones y mejoras de la instrumentación del Hubble. Desde 2009 está solo. Pero, salvo algunos detalles, sigue funcionando francamente bien.

Se espera que siga operativo unos cuantos años más, al menos hasta que empiecen a llegar resultados del JWST. En 2016 se extendió su misión hasta 2021 y las fechas siguen subiendo. Estimaciones de cuándo debería programarse su reentrada controlada en la atmósfera varían entre 2028 y 2040. Fechas tan lejanas hacen concebir la esperanza de que el Hubble tenga una segunda vida.

Cuando se lanzó, se pensaba que sería devuelto a la Tierra de la misma forma en que se fue, a bordo de la bodega de un transbordador. En 2017, la administración Trump se interesó en una propuesta para adaptar la nave Dream Chaser (un pequeño transbordador autónomo todavía en desarrollo por la empresa Sierra Nevada Corp.), de forma que incorpore una mínima tripulación y pueda actualizar el telescopio. Incluso, cómo no, Elon Musk con su Space-X piensa que con la Crew Dragon —que tan exitosamente va y viene a la Estación Espacial Internacional— podrían llevar a cabo una misión de salvamento dentro de los próximos diez años. Para alguien que ha menospreciado la astronomía durante todo este tiempo, puede parecer una ocurrencia digna. Pero no te fíes demasiado del sudafricano.

El impacto durante estos años de las observaciones del Hubble es invalorable. Se han publicado más de 15.000 artículos en revistas con árbitro, millares de presentaciones en congresos y millones de citas. Se estima que alrededor del 10

por ciento de los mejores artículos astronómicos que se publican cada año están basados en datos tomados por el Hubble. No es fácil resumir lo que este formidable telescopio nos está enseñando. Las imágenes que envía se reproducen en miles de carteles, salvapantallas, libros y en todo tipo de merchandising astronómico. En ese aspecto, la tremenda inversión parece haberse amortizado o, al menos, amortiguado.

Respecto a los resultados científicos, es difícil destacar solo unos pocos. El Hubble ha contribuido a refinar la estimación de la edad del universo midiendo más precisamente que nunca las distancias de las cefeidas. También ha estudiado los agujeros negros, la expansión del universo, nuestro sistema solar —la famosa colisión del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter en 1994—, las supernovas, y la masa y tamaño de la Vía Láctea. Y, por supuesto, las fantásticas imágenes de los llamados «campos ultra profundos del Hubble» —tal vez sus fotografías más impresionantes—, en las que aparecen hasta 5500 galaxias en solo 2 minutos de

arco del cielo (1/15 el diámetro lunar), tras utilizarse un tiempo de exposición acumulado de unos veintitrés días. Y hablando de tiempo, muchas de esas galaxias las vemos tal y como eran hace 13.300 millones de años, solo 400

millones de años tras el Big Bang.

Hay muchos más telescopios en órbita, y otros tantos que ya han dejado de usarse. Alrededor de un centenar. Y muchos otros en proyecto. Uno de los más famosos es el Herschel Space Observatory, un telescopio para observar el infrarrojo lejano y las ondas submilimétricas. Tenía un espejo enorme de 3,5

metros, el más grande de los de su tipo. Fue lanzado en mayo de 2009 a bordo de un cohete de la Agencia Espacial Europea (ESA), el fiable Ariane-5. La mayor parte de sus 3,25 toneladas eran el peso de sus enormes depósitos de helio líquido para refrigerar la instrumentación. Al agotarse, en abril de 2013, la misión tocó a su fin.

Otro gran telescopio espacial europeo es el ya mencionado XMM-Newton, concebido para observar el espectro en la banda de los rayos

X. De nuevo un Ariane-5 lo puso en órbita a finales de 1999. Ya ha superado con creces su vida útil y sigue enviando información desde una órbita muy excéntrica, que va desde los 7000 kilómetros en su punto más cercano hasta los 114.000 kilómetros en el más lejano. Tarda dos días en dar una vuelta a la Tierra. Es el mayor chisme que los europeos hemos puesto en órbita, porque pesa casi 4000 kilos y mide más de diez metros. A falta de uno, lleva tres telescopios, y cada uno tiene 58 espejos apilados —de tipo Wolter—, por aquello de lo complicado que es captar esta radiación tan energética.

Ya he mencionado ingenios como el satélite europeo Gaia, lanzado en 2013, cuya misión esencial es elaborar un catálogo de estrellas hasta magnitud +20 de gran precisión. Y como el WISE —Wide-Field Infrared Survey Explorer—, un telescopio de la NASA para cartografiar el cielo buscando miles de planetas menores, cúmulos, asteroides y similares, permitiendo un nuevo mapa del espacio en el rango infrarrojo.

Pero lo que está empujando hoy la astronomía desde el espacio —y desde la Tierra— es la búsqueda de exoplanetas. El camino lo abrió la misión Kepler, de la NASA. Se lanzó en 2009 y nos envió imágenes hasta 2018. A pesar de algunos problemas con su giróscopo, el telescopio Kepler localizó 2662

candidatos a exoplanetas tras buscar minuciosamente variaciones en el brillo de

530.506 estrellas.

Al Kepler lo ha seguido el telescopio TESS —Transiting Exoplanet Survey Satellite—, que, utilizando el mismo método del tránsito que su predecesor, busca planetas fuera del sistema solar en un área cuatrocientas veces mayor. Se lanzó en 2018. Se espera que TESS encuentre y clasifique más de 20.000

exoplanetas, con especial interés en los llamados «planetas terrestres» —

similares al nuestro—, de los que se cree que puede haber entre 500 y 1000 en su área de observación. Y, entre ellos, unos veinte podrían encontrarse en la zona de habitabilidad alrededor de su estrella, a unas distancias relativamente cercanas: entre 30 y 300 años luz.

El complemento europeo en la búsqueda de exoplanetas es CHEOPS —

CHaracterising ExOPlanets Satellite—, lanzado en 2019. Es un satélite

pequeño (32 centímetros de espejo y solo cincuenta millones de euros) pero ambicioso, y su misión es estudiar exoplanetas ya descubiertos, principalmente del catálogo creado por la misión Kepler. No todo van a ser gigantes…, o sí, porque he dejado para el final el faraónico proyecto JWST.

El telescopio espacial James Webb (JWST o, simplemente, Webb) está destinado a ser el telescopio más grande jamás puesto en órbita, y no es solo el sucesor natural del Hubble, sino también del Spitzer. A diferencia del Hubble, observará principalmente en el rango infrarrojo (desde 0,6 hasta 28,3 μm), lo que le permitirá adentrarse mucho más en los cielos, observando objetos de mucho más alto redshift, viejos y lejanos. Antes de entrar en detalles, es de rigor recordarte aquí quién fue James Webb, porque a diferencia de Edwin Hubble es mucho menos conocido para los amigos de la astronomía. Resulta algo sorprendente —

desde Europa, al menos— que el mayor y mejor telescopio que nunca vaya a observar los cielos no tenga el nombre de un astrónomo, ni tan siquiera el de un científico. Y es que el teniente coronel James Webb no fue nada de eso. Sin embargo, es una figura reconocidísima en Estados Unidos.

Ocupó diversos cargos de confianza política, por ejemplo como director de la Oficina de Administración y Presupuesto, dependiente del secretario del Tesoro (equivalente a nuestro ministro de Economía). Y también como subsecretario de Estado, teniendo que encarar difíciles asuntos diplomáticos en las relaciones internacionales tanto con la Unión Soviética como en la Guerra de Corea. Sin embargo, en 1952 abandonó la política y la diplomacia —sufría de horribles

dolores de cabeza, lo que no resulta extraño— y se fue a trabajar de ejecutivo a una empresa petrolera, la Kerr-McGee. ¿Y entonces? Sorprendentemente, en 1961, John F. Kennedy llama al olvidado James Webb y le propone ser el nuevo administrador de la NASA, cargo que ocupó hasta 1968.

El gran mérito de Webb consiste, por tanto, en haber encauzado el programa espacial estadounidense casi hasta su éxito, con la llegada del hombre a la Luna, aunque no permaneciera entonces en el cargo. Su nombre está íntimamente ligado a los programas espaciales Mercury, Gemini y Apollo. Tras jubilarse de la NASA, formó parte de algunos consejos de administración y poco más. Falleció en 1992. James Webb es más una figura política que científica, y considerado

por los expertos como una pieza fundamental en el logro americano de la conquista espacial. Sin embargo, sigue siendo un gran desconocido para el resto del mundo. Desde luego, incluso antes de ser lanzado, el telescopio Webb es muchísimo más famoso que el propio James Webb.

Si te soy sincero, cuando el proyecto inicialmente conocido en 1996 como NGST —Next Generation Space Telescope— cambió su nombre en 2002, me pregunté como tantos otros: «¿Y este tipo quién fue?». Pues ya lo sabes. Lo último sobre James Webb han sido las recientes acusaciones de comportamiento homófobo a lo largo de su carrera pública y, en consecuencia, la petición de retirarle el honor de designar tamaño invento. Incluso se ha propuesto cambiar el significado de la sigla por Just Wonderful Space Telescope (JWST). Pero la NASA, con todo lo que tiene encima, ha pasado de puntillas sobre el tema y, en un escueto comunicado, se ha desmarcado como Iniesta.

Seguro que también quieres saber cómo es y cuánto ha costado el JWST. Este segundo dato es el auténtico quebradero de cabeza de la NASA y sus socios. En 1997 su presupuesto era de 500 millones de dólares, y su fecha prevista de lanzamiento, el año 2007. Nadie se lo creía mucho, pero era una primera aproximación. Lo que ya poca gente se cree es que en 2020 el gasto invertido en el JWST se disparó hasta los 10.000 millones de dólares —veinte veces más— y todavía no se había lanzado. Por fin, el 25 de diciembre de 2021, despegó. Los primeros ajustes tras el despliegue completo del telescopio son prometedores.

¿Quieres números del JWST? Son enormes, como el pastizal que vale. El más gordo es el diámetro de su espejo: 6,5 metros. Está formado por un mosaico de dieciocho espejos hexagonales de berilio recubiertos de oro. Todo un lujazo. Lo sorprendente es que el JWST pesa la mitad que el HST, solo 6500 kilos.

Observará desde muy lejos, en el punto de Lagrange L2, así que orbitará con la Tierra alrededor del Sol protegido por esta a unos 1,5 millones de kilómetros.

Teniendo en cuenta que el HST está a unos 550 kilómetros, hay ciertas diferencias. La principal es que no se puede reparar, no habría viaje de vuelta.

Para bloquear el calor, añade un escudo solar hecho de kapton (una película de poliamida muy estable con la temperatura) que mantendrá

todo el conjunto a una temperatura por debajo de los 50 K (unos 223 ºC bajo cero) y así permitir que la mayor parte de la instrumentación infrarroja se enfríe de forma pasiva. No habrá que poner entonces helio líquido a bordo, lo que es un alivio.

El principal problema que tiene algo tan grande es lanzarlo al espacio. ¿Cómo hacerlo? Pues, como siempre decimos los ingenieros, con mucho cuidado.

También puede rezar quien quiera hacerlo. El Webb es un auténtico origami. El espejo va doblado en pedazos, que tendrán que alinearse con extrema exactitud cuando esté completamente operativo. Y el escudo solar está plegado sobre sí mismo doce veces. Y así todo. Y eso que ha utilizado uno de los mayores y más potentes lanzadores disponibles: el Ariane-5 europeo. El Webb está pasando por un número de comprobaciones casi infinito. Aunque no se quiera reconocer públicamente, el fracaso inicial del Hubble pesa mucho, y los retrasos de las principales empresas subcontratadas (la Ball Aerospace y la Northrop Grumman) han sembrado la desconfianza en la NASA. Si algo falla esta vez, no habrá posibilidad alguna de arreglarlo. Y mandar al espacio una cosa que tiene que extenderse y recomponerse de forma automática hasta alcanzar casi la perfección asusta. Mucho. El proyecto está liderado por John Mather; como te he contado, es premio Nobel de Física por su trabajo con el satélite COBE y sus hallazgos en el fondo de microondas.

Las complicaciones no solo son técnicas, también políticas. En 2011 los enormes sobrecostes acumulados y la mala gestión estuvieron a punto de terminar con el JWST. La Cámara de Representantes pidió una drástica reducción de los presupuestos de la NASA, de los que el JWST se comía la cuarta parte. Durante ese año crítico, decenas de editoriales en revistas especializadas y apoyos científicos internacionales consiguieron que el proyecto no se cancelara. La prestigiosa Nature describió al Webb como «el telescopio que se comió la astronomía». En ese mismo editorial reconocía que los riesgos eran, cómo no, astronómicos, que empleaba tecnologías no probadas antes y que tenía que funcionar a la primera puesto que se va a colocar a cuatro veces la distancia lunar. «Si falla —añadía Nature—, el progreso de la astronomía puede retroceder una generación».30

Esperemos que no falle, porque «el fallo no es una opción».

Y antes de volver a pisar tierra firme, no me resisto a contarte una curiosidad.

¿Recuerdas la obsesión de Gerard Kuiper por realizar las mejores observaciones infrarrojas posibles desde una gran altitud, tanto que el vapor de agua fuera mínimo y no pudiera absorberlas? Pues bien, lo último que te he dicho de Kuiper es que se marchó hecho un basilisco del incipiente observatorio de Mauna Kea porque la NASA le dio el primer telescopio a otro. Pero antes había tenido otra idea aparentemente descabellada, aunque muy práctica: observar usando un avión comercial.

En 1965 Kuiper montó un pequeño telescopio y, desde un avión Convair 990 de la NASA, estudió Venus en el infrarrojo, ya que, como sabes, en el rango visible es un borrón y cuenta nueva. Este proyecto se estrelló años después, literalmente, al chocar el Convair con un avión militar, quedando ambos destrozados. Pero la idea de realizar observaciones desde la estratosfera prosperó.

En 1975 cuajó en el proyecto KAO —Kuiper Airborne Observatory—, que el holandés que erraba poco no llegaría a ver, y de ahí que le pusieran su nombre.

En esta ocasión la plataforma de observación era un gran avión militar, un Lockheed C-141A Starlifter. Este tenía capacidad para volar a catorce kilómetros de altitud y llevaba instalado un telescopio reflector Cassegrain de 91,5

centímetros de apertura, que está muy bien. Tanto que el KAO descubrió los anillos de Urano en 1977. Y bastantes otras cosas, hasta que fue retirado en 1995

tras 1417 vuelos.

El sustituto natural del KAO es el SOFIA —Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy—, un proyecto conjunto de la NASA y Alemania. Es bastante más ambicioso. De momento, usa un gigantesco Boeing 747SP (un Jumbo, vamos) que ha sido modificado para pesar menos y permanecer más tiempo en el aire, incorporando una enorme cola. Este Jumbo es el mejor que hay en cuanto a prestaciones. SOFIA se eleva a altitudes por encima de los doce kilómetros durante más de diez horas (3-4 días cada semana), así que aprovecha muy bien la noche y además observa en el 85 por ciento de todo el rango infrarrojo. Incorpora también un telescopio Cassegrain con un espejo de 2,5

metros de diámetro en su parte posterior, que se ubica tras una enorme compuerta especial en la parte estanca del avión. En la parte

central del 747 se

sitúan los astrónomos, y la delantera se suele usar con fines divulgativos.

También lleva pilotos, por si lo dudas. El avión no es nuevo, sino que la NASA lo compró en 1997 para modificarlo tras haber pasado por un par de compañías comerciales: la PanAm y la United Airlines. Lleva hasta nueve instrumentos y comenzó a observar en 2010. Puede seguir volando hasta 2030 como poco, siempre y cuando Alemania siga incrementando sus aportaciones, dado que la NASA se encuentra a dos velas (y ya sabes por qué).

Aunque puedas pensar que un avión con un enorme portón abierto puede producir no solo inestabilidades, sino también turbulencias en las observaciones, la verdad es que no es así. Funciona muy bien y está generando resultados científicos de primer nivel, especialmente de objetos de nuestro sistema solar, como estudio de cometas, atmósferas planetarias y asteroides. Una excelente idea, no tan barata como puedas pensar —330 millones de dólares—, pero muy interesante. Otra gran ventaja lógica que se me olvidaba mencionar es que el avión va a donde tú quieras, ya sea el hemisferio norte o el sur. Y sin turbulencias, como te anticipaba en el título del capítulo.

XX

El fin del mundo

Llevamos ya unas cuantas páginas hablando de todo un poco de forma desenfadada, así que tal vez podamos ponernos algo más trascendentes. La astronomía tiene eso desde que se inventó. Aunque su devenir ocurre en un universo paralelo a la religión —y nunca se encontrarán—, ambas tocan temas afines. Esta ciencia maravillosa nos ha explicado (salvo un pequeño instante) cuándo empezó nuestro viaje y también nos puede explicar cuándo terminará.

El fin del mundo es algo que obsesiona al ser humano desde siempre, sobre todo a las sectas, como subproducto de las religiones, que disfrutan de un apocalipsis más que del chocolate. Pero no deberíamos preocuparnos demasiado. Bastante tenemos con el aquí y ahora como para plantearnos el allá y el más allá. Y más si partimos de certezas absolutas, como nuestra efímera existencia. Cualquier ser vivo tiene una vida relativamente corta, o muy corta, en comparación con las edades que marcan los astros. Y así y todo, también estos tienen un final marcado.

Las estrellas evolucionan y mueren. Y con ellas, sus planetas, y con estos, todo lo que llevan encima, llámese Juan o Pedro. También las galaxias y el universo tendrán un final. Pero, puestos a ordenar un poco nuestras ideas y las paranoias asociadas, podemos hacer una especie de repaso llamado «Mil maneras de morir relacionadas con la astronomía», y así, como el que no quiere la cosa, contamos historias que te relajen. Si es que eso puede resultar relajante, cosa que me sorprendería. Si no lo ves así, fúmate algo, como hicieron los mayas cuando creyeron haber dado con la fecha del sanseacabó.

Aprovecho este tema apasionante para cubrir un hueco pendiente. Te he contado docenas de cosas de los planetas, de los cometas, de las estrellas y de muchos

otros objetos estelares, pero prácticamente nada de los asteroides. Como pueden resultar perjudiciales para nuestra existencia en el futuro cercano, vamos con ellos. Son muchísimos también, aunque pequeñines.

El 1 de enero de 1801 se descubrió Ceres. Supongo que al sacerdote y astrónomo italiano Giuseppe Piazzi no le importó pasar la Nochevieja al raso mirando por su telescopio siciliano. Casi todo lo que se veía moverse entre las estrellas resultaban ser cometas, así que, aunque Piazzi vio que Ceres tenía un movimiento retrógrado como los planetas, pecó de humildad y dijo que había descubierto otro cometa más. El nombre original era Ceres Ferdinandea, en honor de la diosa romana de la agricultura que cuidaba de Sicilia y del rey Fernando IV de Nápoles (esta parte se suprimió después, haciendo uso del sempiterno revisionismo histórico). Ceres tiene el privilegio de haber cambiado de categoría como ningún otro objeto celeste: de cometa pasó a planeta, de planeta a asteroide y de asteroide a planeta enano. Y es que es tan chiquito que no sabemos dónde ubicarlo.

El hallazgo de Ceres estuvo impulsado por la ley de Titius-Bode, que decía claramente que faltaba un planeta entre Marte y Júpiter. Hasta cinco grupos de astrónomos estaban buscándolo por toda Europa. En esta búsqueda hallaron otros asteroides, pero el más grande fue —y lo sigue siendo— Ceres. Se llevó el premio. En 1802 se descubrió Pallas, en 1804 Juno y en 1807 Vesta.

Ahí los astrónomos empezaron a debatir si, en lugar de uno, había cuatro planetas por el mismo precio. Luego pasaron unos años de sequía hasta que en 1845 apareció Astraea, y con él se encadenaron muchos más: Hebe, Iris, Flora, Metis, Hygiea… La cosa se les fue de las manos. En 1868 ya había más de cien planetas. Era imparable. No

podían ser planetas todos, así que se impuso el criterio del añorado William Herschel (que para eso había descubierto Urano) y se rebajó su categoría utilizando su propuesta: los llamaron «asteroides».

Encontrar asteroides es una de las ocupaciones favoritas de los astrónomos, y es que salen hasta debajo de las piedras. Si en 1868 se habían descubierto más de cien a simple vista, con la fotografía los números subieron a más de mil en 1921.

En 1989 se contabilizaban más de 10.000, y en 2005 —ya con la fotografía digital dominándolo todo—, más de 100.000. El último dato: ahora mismo el Centro de Planetas de la UAI tiene en sus registros más de 960.000 asteroides.

Cuando leas esto, superarán el millón.

Vamos con el meollo de la cuestión. Un asteroide es un cuerpo rocoso a mitad de camino entre un planeta y un meteoroide. Ceres, que tiene 974 kilómetros de diámetro, salió de la categoría en 2006 equiparándose con Plutón como planeta enano. Pero de ahí hacia abajo (en una frontera bastante difusa alrededor de los 1-10 metros) son asteroides.

Menores que eso son los meteoroides, que, para no complicarnos mucho, van del tamaño de piedras gordas hasta casi el del polvo. La mayor parte de ellos orbitan, como bien sabes, entre Marte y Júpiter, en el cinturón de asteroides.

Pero los hay por todas partes en el sistema solar. Se clasifican de mil y una maneras, en función de su forma, masa, ubicación y trayectoria. Pero a nosotros nos interesan los asteroides que pasan cerquita de la Tierra, por razones obvias.

Nos gustan los chicos malos.

Habitualmente estos asteroides se juntan con los cometas cercanos para denominarse de forma genérica como «objetos cercanos a la Tierra» o NEO —

Near Earth Objects—. La definición de la UAI es que un asteroide o cometa es un NEO si se aproxima al Sol a menos de 1,3 unidades astronómicas. Hay unos 20.000 NEO conocidos, casi todos asteroides (y apenas cien cometas). Si además su órbita cruza la de la Tierra, se acerca a menos de siete millones de kilómetros y es grandote (más de 140 metros), entonces es peligroso. Técnicamente, potencialmente peligroso. Hay unos ochocientos en la lista negra.

Para valorar la peligrosidad de un NEO se utilizan escalas parecidas a la de los terremotos. La más conocida es la escala de Turín. La inventó un astrónomo del famoso MIT, Richard Binzel, y fue presentada a la ONU en 1995. Se revisó en un congreso celebrado en Turín, de ahí el nombre. Va del 0 al 10, siendo 0 el riesgo nulo y 10 la colisión segura, que incluye extinciones masivas y amenaza para nuestra civilización. O sea, el Armagedón. Se estima que un evento de magnitud 10 ocurre cada 100.000 años o más.

Vamos con algunos ejemplos para ponernos en situación. Desde siempre, desde que vimos cometas en el cielo, nos han preocupado. En 1694, Edmund Halley quiso demostrar que el diluvio bíblico había sido originado por el impacto de un cometa. En 1898, el astrónomo Gustav Witt descubrió un asteroide que pasaba muy cerca y que cruzaba nuestra órbita. Lo llamó Eros. Hoy sabemos que mide unos irregulares 17 kilómetros (el segundo más grande de los NEO, tras otro llamado Ganímedes, de unos 31 kilómetros) y que en 1975 se acercó a veintitrés millones de kilómetros.

Otro asteroide NEO más reciente es Hermes, descubierto en 1937 por Karl Reinmuth. Pasó a solo 630.000 kilómetros de la Tierra (1,7 veces la distancia a la Luna) en 1942, y su tamaño es de unos 850 metros de diámetro. En 1968 se localizó a Ícaro, que pasó a 16 veces la distancia lunar pero tenía también un tamaño enorme, de 1,4 kilómetros.

Recientemente se descubrió, ya en 1989 desde Monte Palomar, el NEO

bautizado como Asclepius. Tiene unos 300 metros y pasó a una distancia similar, 684.000 kilómetros. Pero este último paso hizo saltar todas las alarmas, puesto que se observó nueve días después de su aproximación, y además pasó por la misma posición que tenía la Tierra solo seis horas antes. Los astrofísicos estimaron que, de haber chocado con la Tierra, la energía liberada habría sido similar a la de 600 bombas atómicas. Por eso no te extrañes de que los periódicos disfruten haciendo titulares apocalípticos cuando les llegan estas noticias.

Por supuesto, siempre nos viene a la mente la extinción masiva de los dinosaurios y otros grandes bichos durante el Cretácico, que habría sido causada por el impacto de un gran asteroide hace unos 66 millones de años en la mexicana península de Yucatán. Es la llamada «hipótesis Álvarez», propuesta en 1980 por el premio Nobel en Física Luis Álvarez y su hijo, el geólogo Walter Álvarez. Se estima que ese meteorito (cuando un cuerpo estelar impacta la Tierra ya se le llama meteorito) tuvo un tamaño de entre 10 y 15 kilómetros y liberó una

energía equivalente a la de unas mil millones de bombas atómicas. Chúpate esa, Oppenheimer.

En tiempos recientes, el impacto más conocido es el llamado «evento de Tunguska» en la Siberia rusa, el 30 junio de 1908. Como Rusia es muy grande, se suele llevar la pedrea y la pedrada. Seguro que te suena la entrada de un bólido de unos 17 metros de tamaño y unas 10.000 toneladas que estalló a unos treinta kilómetros de altura cerca de Chelíabinsk, en 2013. Casi 1500 personas resultaron heridas por los cristales rotos debido a la brutal onda expansiva de una energía equivalente a veinte veces la bomba de Hiroshima. Si el meteorito hubiera alcanzado el suelo, las consecuencias habrían sido devastadoras. El fragmento más grande está en un museo de la ciudad y pesa 570 kilos. No se vio venir.

¿Qué podemos hacer para prevenir el impacto de los NEO? El primer paso es, como es lógico, identificarlos rápidamente. El segundo paso es más complicado,

porque la realidad es mucho más cruda que las películas y Bruce Willis se está poniendo gordo. De momento, interesa pagar bien a los astrónomos para que lo tengan todo vigilado. Yo mismo he puesto alguna cámara en pequeños telescopios del observatorio del Teide para la búsqueda de NEO en proyectos participados por el IAC, pero casi lo hago desinteresadamente, salvo la voluntad.

Siendo serios, la NASA tiene desde el año 2002 un sistema automatizado que evalúa la amenaza de riesgo de todos los NEO conocidos de aquí a cien años.

Esta tabla de riesgos de impacto se llama Sentry. Con los años, algunos objetos pasan de ser muy amenazantes a muy poco, o al revés. O se relocalizan antiguos NEO perdidos. Las posibilidades de impacto de asteroides grandes son muy bajas, así que tranquilízate. El más probable (aunque solo con un 4,7 por ciento) es el que tiene por nombre 2010 RF12, que ya pasó en 2010 sobre la Antártida y que volverá en 2095. Pero solo tiene siete metros de diámetro.

Ahora mismo el NEO que más titulares de prensa acapara es el (99942) Apofis (el número es simplemente el orden en el catálogo). Fue descubierto en 2004 y se le asignó una posible magnitud 4 en la escala de Turín (probabilidad de colisión de 1 por ciento con devastación a nivel regional). Apofis tiene 370

metros, así que es lo suficientemente grande como para abollarte el

cráneo definitivamente si te cae encima el 13 de abril de 2029. Pero la posterior actualización en el sistema Sentry lo rebajó hasta el nivel 1 de la escala, y hoy está ya en cero, que lo acabo de mirar.31 En esa fecha se cree que Apofis pasará a solo 24.000 kilómetros, más cerca de lo que están los satélites geoestacionarios de comunicaciones (35.786 kilómetros). En realidad, los NEO del tamaño de Apofis solo impactan en la Tierra una vez cada 80.000 años. Hay muy pocos NEO más peligrosos —por decir algo— que Apofis.

El primero en la lista de la NASA hoy es (29075) 1950 DA, de algo más de un kilómetro de tamaño. Tiene una posibilidad de un 0,025 por ciento de impactar con la Tierra en 2880. Otro muy interesante es (101955) Bennu. Tiene 490

metros y podría impactar en algún momento entre 2175 y 2199 (1/2700 de probabilidad). Es muy conocido puesto que ha sido el objetivo de la misión espacial OSIRIS-Rex para traer muestras de su material (más de los 60 gramos previstos) a la Tierra. En 2023 ya estará de vuelta (la muestra, no el asteroide).

En resumen, que no hay razón para molestar de momento a Bruce y su equipo.

Habrá que buscarse otras formas de morir más rápidas y efectivas.

No solo nos pueden llover piedras del cielo. También nos pueden freír sus radiaciones. Recuerda los GRB, o Gamma Ray Bursts. Ya te he adelantado que algunos de estos enormes brotes de radiación superenergética provenían del colapso de estrellas hipermasivas, que podían dar lugar a un agujero negro en rotación emitiendo dos chorros (o jets) relativistas de materia y energía según el eje de rotación del disco de acreción. Esta materia ionizada puede viajar por el espacio a 0,9999 veces la velocidad de la luz. Pero la mayor parte de estos ultraenergéticos GRB están asociados a quásares, galaxias activas o radio galaxias, y, por lo tanto, están lejísimos. También las hipernovas y supernovas que te he citado están en galaxias lejanas.

Por poner un ejemplo bastante conocido entre los astrofísicos, el objeto SN

1998bw es una supernova que tiene asociado un evento GRB dentro de una galaxia espiral (la ESO 184-G82). Fue detectada el 25 de abril de 1998 y está a 140 millones de años luz de nosotros. Se supone que tiene su origen en el colapso de una estrella de unas cuarenta masas solares. Pero la pregunta está ahí:

¿Y si nos estalla una cosa de estas en la cara?

La respuesta la tienes casi cada mes en los titulares de la prensa, y la culpable es nuestra estrella favorita: Eta Carinae. Esta estrella binaria tiene una masa conjunta de más de cien soles y no para de hacer cosas raras. Cuando el telescopio Hubble desveló imágenes de la nebulosa del Homúnculo, que rodea el sistema estelar de Eta Carinae, nadie pudo permanecer con la boca cerrada. Son dos enormes lóbulos de gas eyectados durante la llamada Gran Erupción, que ocurrió a mitad del siglo XIX, y que están alineados con el eje de rotación.

Viendo estas erupciones, uno puede hacerse una idea de lo que podría pasar cuando la estrella colapse —que colapsará— y se convierta en supernova o, dada su enorme masa, en una hipernova (también llamada «collapsar», o collapsing-star en inglés).

Hay como una docena de hipótesis acerca de la evolución final de Eta Carinae.

En el caso más desfavorable, una enorme cantidad de energía en forma de jets saldrá disparada en un intervalo que oscilará entre dos segundos y un minuto. Lo bueno es que su eje de rotación no está alineado con la Tierra, y el cono de luz se abre y debilita con la distancia. Eta Carinae está relativamente lejos, a unos 7500

años luz. Así que estos terribles haces de rayos gamma y rayos X, si llegaran hasta nosotros, serían absorbidos por la atmósfera salvadora. Los científicos que no paran de observar a este monstruo estelar creen que, a lo sumo, afectaría en escasa medida a la capa de ozono. Pero no mucho más. La hipernova tendría que

situarse no más allá de 50 años luz para perjudicar a nuestro planeta y su vida, con cambios en la iluminación y efectos sutiles como reducción en la melatonina o alteraciones en el sistema inmunitario. Por supuesto que también aparece la palabra «cáncer», pero este es un mantra que abarca desde la telefonía móvil más inocua hasta el café. Por descontado, los rayos gamma son la radiación más ionizante que hay, pero debe tener la intensidad suficiente como para perjudicarnos seriamente. Un simple baño de sol en la playa es mucho más peligroso que la explosión de uno de estos lejanos objetos celestes.

Se estima que, de estallar Eta Carinae, la magnitud aparente que notaremos desde la Tierra será como mínimo de -4 (similar a Venus), y muy posiblemente superior a la más brillante supernova nunca conocida en nuestra galaxia, que es SN 1006. Así que seguro que la

veremos incluso de día, suponiendo que ocurra en los próximos años, cosa bastante improbable. Pero, aun con todo, como nos explica Brian Thomas y otros colegas, los efectos de una posible supernova superluminosa producida por Eta Carinae no tendrían un impacto serio sobre la biosfera. Y otros efectos producidos por supernovas ordinarias solo causarían trastornos en algunos animales con una frecuencia de unos veinte millones de años. Así que tampoco nos vamos a extinguir próximamente con el estallido de una supernova.

Hasta ahora solo he hablado de pasada de los rayos cósmicos. Vamos con ellos y con el peligro que representan. Los rayos cósmicos son, en un 99 por ciento, núcleos atómicos muy energéticos que se mueven casi a la velocidad de la luz.

Es decir, protones o núcleos de hidrógeno, el 90 por ciento, y partículas alfa o núcleos de helio, el 9 por ciento. El 1 por ciento restante son otras cosas más raras, como núcleos de elementos pesados. Cuando alcanzan la atmósfera terrestre, colisionan con átomos y moléculas —oxígeno y nitrógeno, que es lo que abunda allí arriba—, y se producen todo tipo de partículas, como neutrones, electrones, positrones, mesones, muones, piones, kaones y demás jerga similar.

Y neutrinos, que atraviesan la Tierra como si nada. En esas interacciones también se produce mucha energía, especialmente rayos gamma.

Seguro que si eres un astrónomo aficionado y tienes una cámara CCD, en muchas ocasiones notarás extrañas trazas en las fotografías, como rasguños. Sí, son los rayos cósmicos, y están allí para estropearte tus imágenes de Andrómeda, de Orión o lo que quiera que estés observando. Uno no se da cuenta de ellos, pero si haces el experimento —yo lo he hecho porque puedo— de dejar una

cámara CCD con un tiempo de exposición de una hora en total oscuridad, no veas lo que te encuentras luego. Parece que hubieras pasado un papel de lija por encima de la imagen. La explicación es sencilla: estas partículas tienen una energía muchísimo más alta que la de los fotones que generan el par electrón-hueco en nuestro humilde silicio, así que literalmente destrozan los pozos de carga que hay en los píxeles. Espero no haberme puesto muy técnico ni trágico.

Nuestra atmósfera nos protege de estos malvados elementos. Por descontado, si vivimos o tenemos que pasar tiempo en las alturas, recibiremos mucha mayor radiación cósmica. Por ejemplo, las

tripulaciones de los aviones comerciales.

Una estimación razonable nos indica que este tipo de profesionales (como los pilotos de largos recorridos, y no te digo nada si hacen rutas que pasen cerca de los polos) reciben el doble de radiación de la que es natural, que proviene del radón, de radioisótopos en los alimentos (el famoso plátano) y de algunos materiales usados en la construcción, principalmente. Por cierto, la cantidad de radiación artificial —por si vives cerca de una central nuclear— es completamente despreciable frente a las anteriores, así que no te la cuelen los que todavía recitan su desfasado discurso. Sin embargo, las cosas en el espacio son mucho más complicadas. No tenemos atmósfera, así que es peligroso moverse por allí durante mucho tiempo. No solo se dañan nuestros satélites —la electrónica de todos ellos se somete en tierra a pruebas muy duras de radiación

—, sino también nuestros astronautas. Es el gran problema por resolver de las misiones interplanetarias: llegar, ver… y volver sano. O simplemente vivo.

Lo cierto es que nos bombardean con rayos cósmicos por todas partes.

Principalmente el Sol, pero también desde fuera del sistema solar y desde galaxias muy distantes. Como nos interesan las personas, como a los bancos, vamos con algunos hallazgos. Para empezar, un jesuita alemán: Theodor Wulf.

En 1909 este buen señor se subió a la torre Eiffel con un instrumento que era capaz de medir el ritmo de producción de iones y que estaba metido dentro de un contenedor cerrado. Y midió que en las alturas parisinas había más radiación que en las alcantarillas, así que no encajaba con la recién descubierta radiactividad natural de Becquerel, que se suponía provenía de los elementos radiactivos contenidos en la tierra. Si los rayos gamma que producían sus iones salieran del suelo, a la altura de la torre Eiffel (330 metros) tendría la mitad que en su base.

Pero era justo al revés. Tras cuatro días de vértigo ya tuvo suficiente material para una publicación, pero no le hicieron mucho caso.

La gloria se la llevó el austríaco Victor Franz Hess. Los extraños resultados de Wulf eran reproducibles, así que parecían correctos. Hess comenzó midiendo en altitud desde un observatorio tirolés, y luego lo hizo de forma más precisa y sistemática desde un globo aerostático a unos cinco kilómetros de altura en 1912. No había duda,

la radiación penetraba la atmósfera desde el espacio.

Su descubrimiento lo confirmó Robert Millikan en 1925, y ya entonces a este hallazgo se le dio el nombre que conocemos: rayos cósmicos. Era un descubrimiento que abría muchas puertas, porque dentro de los rayos cósmicos aparecieron los positrones y los muones por primera vez. Así que a Victor Hess le dieron el Nobel de Física en 1936. Después de estos años de gloria, vino lo peor. Aunque Hess era un católico muy devoto, su mujer era judía, y ambos escaparon por los pelos de la persecución nazi en 1938, estableciéndose en Estados Unidos.

El origen de los rayos cósmicos más allá de los solares en sus explosivas fulguraciones —los más débiles— es controvertido. En 1934, Walter Baade y su extraño amigo Fritz Zwicky postularon que provenían de la explosión de supernovas. De hecho, en 1951 se identificó a la nebulosa del Cangrejo como una fuente de rayos cósmicos. De entonces para acá, se sabe que son fuentes potenciales de emisión de ultraenergéticos rayos cósmicos las propias supernovas, los núcleos de galaxias activas, los quásares y también nuestros amigos, los GRB.

Hay muchas formas de detectar los rayos cósmicos: de forma directa, la propia ionización ya explicada, y de manera indirecta, analizando sus partículas y radiaciones secundarias. Esto se llama EAS —Extensive Air Shower— y puede producir radiación Cherenkov detectable con la que ducharte. En la actualidad hay varias instalaciones de este tipo, las principales en la isla de La Palma.

También el uso de las clásicas cámaras de niebla.

Pero una de las que más me llama la atención es el uso de teléfonos móviles. Te parecerá increíble, pero casi te la he explicado ya. Existen aplicaciones para Android como la CRAYFIS —Cosmic RAYs Found in Smartphones—. Ya sabes lo que pasa cuando expones un sensor CCD. Sin querer, captura eventos de rayos cósmicos. Pues lo mismo con la cámara de tu móvil (en este caso de tipo CMOS, que son sensores más modernos y baratos).

Cuando te instalas una de estas aplicaciones, tienes que dejar la cámara del

teléfono tapada, por ejemplo durante la noche mientras sueñas, porque el resto de tiempo estarás mandando memes importantes o insultando a políticos en Twitter, cosa que no te reprocho. El

programa escanea en segundo plano el sensor del móvil a unas 15 imágenes por segundo y detecta la llegada de posibles muones. Si la app sospecha que hay una traza de esta partícula elemental que viene del espacio, envía los datos a un servidor. Ocurre más o menos en una de cada 500 imágenes. Luego en el proyecto tienen que hacer un montón de trabajo: discriminar la señal del ruido, triangular con otros móviles para detectar una ducha EAS, etcétera.

Al final, si todo va bien, tu móvil habrá ayudado a detectar una fuente desconocida de rayos cósmicos. Solo hace falta una buena cámara, una wifi —

para subir las imágenes— y el GPS activado para saber la localización. Como se calcula que hay unos 1500 millones de móviles circulando por el planeta, es un método fantástico, o eso piensan en el consorcio de universidades americanas que ha inventado esto. Yo, visto el fulgurante éxito del llamado «radar-covid», no me creo nada de nada. Para no escribir sin conocimiento de causa, tengo descargada la aplicación CRAYFIS desde hace unos días y, aparte de comerse la batería de mi vetusto móvil en un santiamén, solo ha detectado un rayo cósmico en las horas en que lo he dejado rastreando. De cualquier forma, no le negaré ingenio a la iniciativa y aquí queda.

Hay partículas muy muy energéticas. El récord se lo lleva un rayo cósmico detectado el 15 de octubre de 1991 con una cámara al efecto situada en una instalación científico-militar cerca de Salt Lake City, en el desierto de Utah. No se lo esperaban y lo llamaron de forma muy anglosajona: Oh-My-God particle.

Las cuentas que echaron dicen que la energía de este probable protón es entre veinte y cuarenta millones de veces mayor que la de cualquier otro protón que pueda acelerarse en un colisionador terrestre, como el europeo LHC (Large Hadron Collider). Según estos colegas, la partícula viaja a 99,999 999 999 999

999 999 999 51 por ciento de la velocidad de la luz. Supongo que he puesto el número de nueves correcto, pero no te lo aseguro. Tampoco creo que vayas a contarlos. Si llega a caer en mi móvil, lo deshace. Es un caso harto improbable, pero una buena excusa para las tiendas de reparaciones de estos aparatos.

Eventos catastróficos no son cubiertos por la garantía.

Y ahora vamos con algo de ciencia ficción relacionada potencialmente destructiva. Imagina nuestra estrella favorita habitual, esa de masa

enorme

colapsando sobre sí misma y dando lugar a una estrella de neutrones. Esta estrella no termina su destrucción debido a lo que se conoce como «presión de degeneración» y a la fuerza conocida como «interacción fuerte».

No voy a intentar explicar mucho esto porque entonces también tendría que explayarme en lo que sigue, que es bastante más complicado, y no acabaría nunca. Pues bien, hay quien especula que, bajo condiciones extremas de presión y temperatura, los neutrones podrían fusionarse y luego disolverse en los quarks que los constituyen.

Hay seis tipos de quarks. Los neutrones están formados por tres quarks: dos del tipo «abajo» y uno del tipo «arriba», mientras que los protones, por el contrario, tienen dos del tipo «arriba» y uno del tipo «abajo». Son muy estables, tanto que duran el universo entero. Pero hay otro tipo de quark bastante singular: el llamado «extraño». Según algunos físicos teóricos, todavía hay una combinación más estable que protones y neutrones: la combinación de dos o tres quarks de tipo extraño. ¿Te resulta… raro? Seguramente. El caso es que este tipo de partícula hipotética podría formarse en las estrellas de neutrones bajo las condiciones extremas citadas. Tendríamos estrellas de quarks formadas por materia extraña. La partícula extraña se conoce con el nombre inglés de strangelet. Esta denominación se la debemos a Edward Farhi —un genio que dejó el MIT para enrolarse como científico principal en el proyecto de computación cuántica de Google — y a su colega Robert Jaffe. Si lees sus currículos, no te dan la impresión de estar delirando. En condiciones normales, los quarks extraños se desintegran inmediatamente en quarks tipo arriba o abajo, formando protones y neutrones y, en consecuencia, núcleos atómicos. Pero no estamos hablando de condiciones normales, sino de un plasma de quarks.

Pensarás que me estoy inventando todo esto, o quizá que he vuelto a escribir novelas. Pues no y sí. La hipotética materia extraña no se ha detectado ni en los aceleradores de partículas ni, todavía, en el espacio. Pero la están buscando. Y el interior de las estrellas de neutrones parece el lugar más apropiado para hacerlo.

Hay varias candidatas. Una se llama PSR B0943 + 10, y no es la primera vez que la cito. En efecto, es un púlsar que no tiene más allá de veinte kilómetros de tamaño y, nominalmente, es la estrella más pequeña de la enorme lista. Aunque fue descubierta por los soviéticos

en 1968, en 2015 un grupo de astrofísicos chinos de la Universidad de Pekín ha sugerido que podría ser una estrella de quarks de baja masa. Hay unas cuantas más, especialmente entre púlsares y supernovas, pero aún no se ha confirmado ninguna.

Y ahora vamos con el aspecto más inquietante. Aunque los núcleos atómicos, una vez establecidos, no degeneran en materia extraña —y, de hecho, no la hemos visto—, esta podría crearse bajo ciertas condiciones, principalmente en procesos de muy altas energías. En concreto, con nuestros rayos cósmicos.

Si algunos de estos rayos cósmicos más energéticos colisionan entre sí, o con estrellas de neutrones, tal vez pudieran superar la barrera energética para formar materia extraña y la consiguiente estrella de quarks. Incluso impactando en la atmósfera terrestre. Esto ha llamado mucho la atención tanto en la realidad como en algunas películas de ciencia ficción. Si la hipótesis anterior fuera correcta, la nueva materia extraña sería más estable y podría interactuar con los núcleos atómicos de materia ordinaria produciendo más materia extraña. Y tener un efecto catalizador. Y esto es inquietante especialmente en los aceleradores de partículas, claro, en los que juguetean mucho con estas cosas.

Especialmente en el LHC del CERN se han planteado este escenario, y también en el experimento RHIC del sincrotrón de Brookhaven, aunque con bastante poca fe y mucho pragmatismo. De haber sucedido…, habría sido una catástrofe.

Pero llevan veinte años acelerando protones a velocidades relativistas sin que nada haya pasado. La física nos da mil buenas razones en contra para descartar este escenario apocalíptico.

Sin embargo, no me resisto a terminar este apartado sin contarte un par de cosas.

Una ocurrió en 2002. Según un grupo de científicos de la universidad estadounidense Southern Methodist, materia oscura llegando en forma de rayos cósmicos —en concreto, dos strangelets— habría sido responsable de dos movimientos sísmicos ocurridos el 22 de octubre y el 24 de noviembre de 1993.

En esencia, el método para probar la posible llegada de strangelets cósmicos es usar toda la Tierra como un enorme sensor. Los sismos se habrían detectado en lugares diametralmente opuestos, sin ninguna relación con actividad volcánica o tectónica convencional. Es decir, la

materia extraña habría atravesado la Tierra a casi la velocidad de la luz provocando un cierto efecto perturbador en las estaciones sismológicas. Pero parece que hubo un error en las medidas y estas habrían estado desincronizadas.

La segunda cosa que quiero contarte tiene que ver con una auténtica figura de la cosmología moderna: sir Martin Rees. Este venerable sabio británico (presidente de la Royal Society, profesor de Cosmología en Cambridge y astrónomo real) planteó recientemente tres escenarios catastróficos en uno de sus libros de

divulgación. Precisamente el primero era el de los strangelets. Si uno de nuestros aceleradores de partículas se desmadrara, podría convertir la Tierra en una esfera hiperdensa de materia extraña de solo cien metros de diámetro. El segundo escenario que contempla Rees es la creación de un pequeño agujero negro. En este caso, él mismo se refuta afirmando que el agujero se evaporaría de forma inmediata debido a la ya explicada radiación de Hawking. Y el tercer escenario de pesadilla sería una transición de fase que desgarraría el tejido espaciotemporal.

Te confieso que, aunque he leído todo esto, no entiendo nada del tercer supuesto.

Todos ellos son, obviamente, escenarios muy improbables y exóticos. Si algo pudiera pasar en nuestros aceleradores de partículas, o con la llegada a la Tierra de rayos cósmicos ultraenergéticos, hace mucho tiempo que seríamos, de nuevo, polvo de estrellas.

Y una cosita más, para que no duermas esta noche. A mí me pidieron una cámara que pudiera detectar strangelets en un instrumento a bordo de la Estación Espacial Internacional. La cosa no tenía mucho recorrido y menos con la tecnología a mi modesto alcance, así que todo quedó en nada. Pero se sigue buscando con ahínco la materia extraña. Si la encuentro, prometo decírtelo enseguida, pero primero se lo comunicaré a la Academia sueca. Seguro que me entiendes.

De lo que también podemos estar seguros es de que la Tierra dejará de ser un planeta habitable dentro de unos millones de años. La razón es evidente y conocida: el Sol está a mitad de su vida como estrella, le quedan unos 4400

millones de años de quemar hidrógeno. Luego se acabó.

Es mucho tiempo, muchísimo, y para entonces lo más probable es que nosotros mismos nos hayamos aniquilado como animales que somos,

haya ocurrido un evento natural catastrófico (de media, ocurren cada cien millones de años y conllevan una extinción masiva), o bien que hayamos puesto rumbo a otras estrellas con planetas similares a la Tierra. Sí, ya sé que esto también es ciencia ficción, pero es lo que hay. Tendremos que viajar a las estrellas antes de que sea demasiado tarde. En realidad, la evolución estelar es la causa segura de nuestra extinción como planeta y como especie, así que la podemos contar con algo de detalle. Por saber la que se nos viene encima.

De momento el Sol, nuestra modesta estrella —los astrofísicos suelen ser muy duros con ella, y la califican como corriente, vulgar, mediocre, insignificante y cosas peores, y además de eso se encuentra en una galaxia del montón— está quemando hidrógeno y fusionando helio con bastante parsimonia en lo que he explicado como la secuencia principal. Algo ha crecido, tanto de tamaño como en brillo desde que empezó a hacerlo. Se calcula que un 20 por ciento.

De esta tranquila situación saldremos en los mencionados 4400 millones de años

—año arriba, año abajo—, cuando el hidrógeno se agote en el centro y el repartidor de gas no descuelgue el teléfono. Entonces el núcleo se comprimirá y cambiaremos de combustible: quemaremos helio. El helio necesita de más temperatura para fusionarse y convertirse en carbono, así que las capas más externas del Sol se calentarán y expandirán. Seremos más grandes. La expansión conlleva un enfriamiento y cambiaremos de color, nos haremos vergonzosamente rojos. Aquí casi podríamos detener la historia.

Se estima que la gigante roja resultante de lo que antes era un sol amarillo recatado tendrá un tamaño unas 250 veces mayor. Este proceso es algo más complejo de lo que te estoy contando, pero el final será el mismo. Los astrónomos creen que el Sol se expandirá y contraerá no una, sino dos veces. Por supuesto que del primer intento se tragará a Mercurio y a Venus y, posiblemente, a la Tierra. Si no sucediera a la primera, sería a la segunda oportunidad (unos cien millones de años más tarde), junto con Marte. Pero ni siquiera esto es exactamente así, porque, al haber perdido una gran cantidad de masa, el efecto gravitacional será más débil, y la Tierra habrá cambiado su órbita. Estaremos a la distancia de Marte, más o menos (unos 220 millones de kilómetros). Tampoco así escaparemos, ya que las mareas solares harán que finalmente el Sol nos engulla como Gargantúa o Pantagruel. Lo haga o no, la temperatura del planeta será tan alta que hará imposible vida alguna. Y fin.

En realidad, no habrá que esperar tanto. Te estaba planteando un escenario muy optimista. En poco más de 800 millones de años el Sol ya brillará un 10 por ciento más y las cosas se pondrán francamente complicadas. Ahora comenzamos a verle las orejas al lobo con el calentamiento global producido por el cambio climático, que es una cosa mucho más llevadera e independiente del mismo Sol (aunque igualmente catastrófica si no ponemos remedio cuanto antes, porque solo depende de nosotros). El aumento de radiación hará imposible algo tan básico como la fotosíntesis de las plantas, así que no hay que explicar mucho más. La estimación más conservadora, según varios autores, es que la Tierra será

inhabitable como mucho dentro de mil o mil cien millones de años, en que la temperatura media de nuestro planeta será de 47ºC. Aunque parezca mucho tiempo, es conveniente hacer testamento antes.

En el universo pueden ocurrir tantos sucesos que es cualquier cosa menos aburrido. Habitualmente, junto con el destino fatal de nuestro Sol, se suele citar también la más que segura colisión entre nuestra galaxia, la Vía Láctea, y nuestra vecina Andrómeda. Aunque las galaxias se separan unas de otras por la expansión, en los grupos locales permanecen unidas por la gravedad y, de hecho, se van arrimando. Es lo que les ocurre a estas dos hermanas. Así que, si nada lo remedia —y no parece que pueda remediarlo nada—, en unos 4500 millones de años tendremos una galaxia más grande y metropolitana.

Hay quien ya le ha puesto nombre, Lactómeda, pero suena bastante a yogur y no termina de convencer. Dicen que, probablemente, será una galaxia elíptica gigante. Las medidas del corrimiento al azul —también hay un blueshift, lógicamente— indican que nos estamos aproximando a Andrómeda a unos 110

kilómetros/segundo. Hasta 2012 no se estaba seguro de la colisión, aunque precisas y complicadas observaciones con el Hubble parecen haberla confirmado. Es difícil de medir porque el movimiento propio es casi inapreciable en estrellas de Andrómeda vistas desde la Tierra, así que la instrumentación trabaja al límite. En cualquier caso, parece que sí, que nos la pegaremos. Las colisiones galácticas son algo frecuente, así que no debe extrañarnos. Seguro que has visto docenas de ellas en fotografías tomadas por un montón de telescopios.

Incluso es posible que una tercera más pequeña —M33, la galaxia del Triángulo

— se sume a la fiesta estelar.

La pregunta habitual que uno se hace en estas situaciones es si dos estrellas rivales chocarán. Andrómeda tiene como un billón de estrellas, y la Vía Láctea unos 300.000 millones. Si tomamos como referencia la distancia del Sol a la estrella más cercana (Alfa Centauri, a 4,2 años luz), parece imposible que se produzca colisión alguna entre ambos mundos, y menos de nuestro Sol con otra cosa. En este sentido puedes estar tranquilo. Además, para cuando ocurra, ya estaremos fritos.

Hay multitud de simulaciones complejísimas que intentan predecir cómo quedarían las dos galaxias, y los resultados son tan variados como pidas. Desde que el Sol salga despedido al espacio interestelar (han calculado un 12 por ciento

de probabilidad de que esto suceda) hasta que, simplemente (un 50 por ciento), se sitúe en algún lugar más distante aún del centro de la nueva supergalaxia, como tres veces más lejos que ahora. Si ya resulta complicado predecir el comportamiento gravitatorio conjunto de solo tres cuerpos, imagina el de 1.300.000.000.000 estrellas, a las que hay que sumar dos agujeros negros galácticos supermasivos. Respecto a estos, el futuro es un poco menos oscuro, valga la paradoja. Muy probablemente el resultado de la fusión entre ambos dé lugar a un quásar o a un núcleo de galaxia activo, al menos hasta que se tranquilicen las cosas. Esta colisión sí que liberará una energía descomunal y, por supuesto, puedes esperar deformaciones espaciotemporales que produzcan radiación gravitatoria. Aunque, como te digo, será una lástima porque probablemente no habrá nadie para manejar LIGO (salvo quizás Ben Abbott, el más que probable superviviente del infierno solar, acostumbrado como está a trabajar entre fraguas).

Vamos a terminar este capítulo a lo grande, matando al protagonista como en las malas películas. ¿Cómo terminará el universo? Pues bien, si nos atenemos a los resultados de las observaciones actuales, el universo es plano y abierto, y además la energía oscura no deja de acelerar su expansión. Si esto sigue ocurriendo —

vamos a suponerlo porque, de momento, es lo que vemos—, nos conducirá a la llamada «muerte térmica» del universo.

Voy a intentar explicar un poco esta conjetura. Tiene que ver con la segunda ley de la termodinámica y con un viejo conocido: lord Kelvin. En 1852 William Thomson (lord Kelvin) enunció: «No es posible construir un dispositivo que produzca trabajo causado por el enfriamiento del cuerpo más frío de que se disponga». Que viene a ser

como que la disipación universal de la energía lleva a un estado de reposo o cese de movimiento absoluto.

Algo parecido había intuido ya un astrónomo francés llamado Jean Sylvain Bailly en 1777. Bailly afirmaba que los planetas tenían un cierto calor interno pero que se estaban enfriando —lo que no deja de ser cierto—, poniendo como ejemplos extremos Júpiter, aún caliente, y la Luna, ya helada. El estado final descrito por Bailly es un equilibrio total en el que ya no hay movimiento alguno.

No hay por tanto transformación entre energía térmica (disipación) y energía mecánica. Bailly fue un famoso político de la Revolución francesa, científico, primer alcalde de París y presidente de la Asamblea Nacional. Metido en todos estos jaleos políticos, no te extrañe que fuera guillotinado en 1793, por mucho

que supiera de física; curiosamente, en el Campo de Marte parisino, lo que no deja de ser anecdótico.

No está muy clara la forma en que llegaremos a la muerte térmica, aunque esta parece inevitable. Nuestro universo plano y abierto se sigue expandiendo, pero no sabemos si la constante cosmológica es cero o tiene un valor positivo, como parece haberse observado recientemente. En el primer caso, el universo se enfriaría sin remedio hasta el cero absoluto en un tiempo casi infinito.

Tendríamos una muerte fría. Sin embargo, en el segundo caso, la temperatura descendería de forma asintótica hasta un valor muy pequeño, y el universo, si dura lo suficiente, se aproximaría a un estado en el que la energía se distribuiría uniformemente sin gradiente alguno, por lo que no sería posible transformarla.

Se llegaría a un equilibrio térmico sin flujo de energía, y en ese estado de máxima entropía tendríamos una muerte caliente (pero poco). De momento, y desde que sucedió el Big Bang, la materia convencional y la oscura se concentran en estrellas, galaxias y cúmulos, y así seguirá siendo durante mucho tiempo. Conforme avancemos hacia el equilibrio termodinámico, todos estos objetos irán apagándose y desapareciendo, incluso los protones se desintegrarán tal vez en rayos gamma en unos $10+32$ años.

En un futuro muy lejano solo permanecerán los agujeros negros. Pero incluso los supermasivos (del orden de $10+14$ masas solares, una vez hayan colapsado en ellos los supercúmulos galácticos que se formarían) terminarán evaporándose debido a la radiación de

Hawking en unos 10 + 106 años. Entraremos en una era oscura, en la que solo quedarán fotones y algunas partículas elementales de muy baja energía en un lugar inmensamente enorme y frío a una temperatura cercana al cero absoluto (-273,15 ºC). A partir de aquí, cualquier cosa que puedas leer resulta casi incomprensible. Los físicos hablan de posibles fluctuaciones cuánticas en estas condiciones tan extremas, e incluso que puedan volver a darse las condiciones existentes en la era del Big Bang. Ciertamente, no tenemos todavía una física adecuada para explicar todo esto. Siento no poder avanzarte más.

XXI

Solos en el universo

No te sorprendas de que el título de este capítulo no incluya signos de interrogación. Es lo que hay. Al menos, de momento. Sin embargo, la esperanza de encontrar vida fuera de la Tierra —al menos, vida en sus formas más básicas, porque la inteligencia es algo complicado de adquirir, incluso entre los seres humanos— es muy alta. Es una cuestión de números, principalmente. A lo largo de muchas páginas te he dado números astronómicos de cantidades de galaxias y estrellas. Ahora sabemos que lo más común es que estas estrellas tengan también uno o varios planetas girando en torno a ellas, como los tiene nuestro Sol. Así que los números siguen creciendo.

Ya tenemos miles de exoplanetas clasificados, y su localización y caracterización es una de las principales razones de ser de la astronomía actual, tanto desde la Tierra como desde el espacio. Pero seguimos sin encontrar nada que nos indique de forma inequívoca que hay vida. O incluso que hubo vida. Nada.

Absolutamente nada. Ni un mal bichillo. Como dice John Gribbin en la introducción de su excelente libro:32 «Puede que haya más planetas habitables en la galaxia que gente en la Tierra. Pero “habitable” no significa “habitado”».

En uno de los capítulos anteriores ya he avanzado algunas cosas. Te he hablado de Giordano Bruno, quien, dentro de su complejo pensamiento, imaginaba millares de mundos similares al nuestro, siendo la Tierra uno entre tantos. No fue la suya una buena época para propagar estas ideas, y menos mezcladas con cuestiones religiosas intocables en el siglo XVI que le tocó vivir y dado el bajo precio de la leña.

Desde muy atrás venimos pensando que no estamos solos en el universo, pero no ha pasado de ser una creencia sin un resultado positivo. Hemos gastado mucho dinero y lo seguimos haciendo con gusto porque los indicios mandan, y los números son tan grandes que parece imposible no encontrar nada en algún

momento. ¿Por qué lo hacemos? Es una pregunta sin una única respuesta. La más simple es el afán de saber, somos seres racionales, sapiens, que no podemos dejar de explorar y conocer. La más compleja sea, tal vez, buscar una vía de escape a nuestro planeta sentenciado, pero sin estresarnos, que tenemos millones de años por delante. Y la más rebuscada, sin duda, es la que dan aquellos que argumentan que otras civilizaciones superiores a la nuestra nos pueden ayudar en algo. Respecto a esta última, yo creo que con habernos enseñado a construir las pirámides estamos más que servidos.

Uno de los tipos más excepcionales de los que quiero hablarte brevemente es de James Lovelock. Este británico nacido en 1919 (ha superado ya la centena y sigue rumiando cosas) es autor de una de las teorías más controvertidas acerca de la vida en la Tierra. De formación como médico, se autodefine como

«científico independiente» —lo que me parece casi increíble en los tiempos que corren, no depender económicamente de ninguna institución, ni universitaria ni científica, para llenarte la panza— y se hizo muy conocido a raíz de la publicación de la hipótesis Gaia.

Su vida es tan larga como prolífica, pero no nos vamos a detener aquí en sus inventos para criopreservar roedores, por más que me interese el tema dada la provecta edad de la cobaya de mi hija. En 1961 la NASA lo contrató como inventor que era para desarrollar instrumentos y experimentos que ayudaran a buscar indicios de vida en Marte. Lovelock se dio cuenta de que tanto Venus como Marte eran radicalmente diferentes a la Tierra, así que tras pensárselo mucho formuló su hipótesis allá por 1969. En esencia, la vida en nuestro planeta se encarga de regular sus propias condiciones (atmosféricas, marinas, químicas y térmicas) para seguir siendo posible. La Tierra es un sistema en equilibrio.

Respecto a Marte, Lovelock dijo que no valía la pena enviar ninguna sonda para examinar ni su atmósfera ni su superficie, que bastaba un telescopio para analizar sus espectros y determinar si está compuesta por gases inertes. La NASA no le hizo mucho caso, aunque ya en septiembre de 1965 astrofísicos franceses habían descubierto que la

atmósfera marciana es casi completamente dióxido de carbono en equilibrio químico. Para Lovelock, enviar sondas a Marte era un derroche.

Más de medio siglo tras esa conclusión seguimos mandando compulsivamente todo tipo de ingenios para analizar la composición del suelo y la atmósfera

marcianos, y ya no solo buscamos algo de vida, sino indicios compatibles con la vida o indicios de indicios prebióticos. Y lo mismo pasa con Venus, donde el muy reciente descubrimiento de los llamados «fosfanos» en su atmósfera en el verano de 2020 ha desatado a la prensa como en mucho tiempo no hacía nada parecido (desde el metano marciano, posiblemente).

No es mi intención entrar ni aquí ni ahora en berenjenales astrobiológicos, de los que no sé apenas más que un lector interesado medio —aunque todos llevemos dentro un entrenador de fútbol y un epidemiólogo esperando su oportunidad—, pero tengo la sensación de que el ansia por encontrar esquemas biológicos vitales es demasiado grande y muchos los lugares donde buscar. En cualquier caso, te voy a recomendar un libro magnífico de un colega que sabe un montón de estos asuntos y que, sí o sí, tienes que leer.33

Aunque la búsqueda de vida básica en otros lugares diferentes a la Tierra está en plena ebullición, así como la de exoplanetas similares al nuestro —y con esto iré luego—, la creencia en la existencia de vida inteligente extraterrestre se ha desinflado en gran parte de la comunidad científica e incluso de la ufológica. Y

eso que, a pesar de papelones como los de Lowell y sus canales marcianos, la pertinaz búsqueda de seres semejantes a nosotros siguió siendo un objetivo prioritario para muchos hasta ya entrado el siglo XXI. Vamos con los principales protagonistas, alguno de ellos muy conocido.

El primer astrofísico a destacar es Frank Drake, el señor de la famosa seudo-ecuación. Es otro científico muy longevo (nacido en 1930), de lo que me alegro, aunque supongo que no hay correlación entre investigar vida extraterrestre y vivir muchos años, salvo que seas una especie de enviado divino o algo semejante. Siendo estudiante, en 1951, Drake asistió a clases con Otto Struve, un reputado y prolífico astrónomo soviético afincado en Estados Unidos que creía firmemente en la existencia de vida inteligente, sobre todo por la inmensa cantidad de estrellas que se iban añadiendo a los catálogos.

Alrededor de 1960, y basándose en los períodos de rotación de muchas estrellas como el Sol, Struve dedujo que tenía que haber muchos planetas por ahí como el nuestro. Tantos como 50.000 millones solo en nuestra galaxia. Y es algo completamente posible, porque ya tenemos 300.000 millones de estrellas y estamos empezando a contar exoplanetas casi desde ayer. Esto influyó en la carrera profesional de Drake, que ha girado siempre en torno a la

radioastronomía, primero en el observatorio Green Bank, en Virginia Occidental, y luego en el gigante de Arecibo.

Desde el primer momento, Drake se empeñó en que la comunicación con otras inteligencias era posible. En 1974 convenció a unos y a otros, y envió un famoso mensaje codificado hacia el espacio profundo, en concreto al cúmulo globular de Hércules (M13 en los catálogos). Nadie se explica por qué eligió este destino, ya que está a más de 25.000 años luz, así que la posible respuesta llegará, si Drake hizo una buena elección, en 50.000 años.

Lo curioso de esta iniciativa es que los políticos de entonces —que eran casi tan ingenuos como los de ahora— llegaron a preocuparse muy seriamente por que los receptores no fueran amistosos. Lejos de considerarlo un loco o, al menos, un ingenuo o un soñador, a Drake lo tomaron muy en serio, y en 1961 planteó su famosa ecuación —como he explicado, no puedo reproducirla—. En ella se calcula el posible número de civilizaciones con las que podríamos comunicarnos por señales de radio, y tiene una serie de términos multiplicativos con bastante (enorme) margen de error. Aunque la ecuación parte del número total de estrellas en nuestra galaxia, este número se reduce por factores tales como el número de ellas que tienen planetas, los que son aptos para la vida, los que dan lugar a seres inteligentes, los que pueden comunicarse usando ondas de radio o lo que dura una civilización así de marchosa. Muchos curiosos han evaluado la fórmula llegando a resultados completamente dispares: desde una —solo la nuestra—

hasta miles de millones.

Me quedo con un dato que me gusta bastante. Si algún planeta en alguna estrella desarrolla vida con seres inteligentes y civilizaciones como en la Tierra, apenas una de ellas inventaría la emisión de ondas de radio. Y por nuestro planeta han pasado del orden de sesenta civilizaciones con criterio, o tal vez más. Los romanos, que duraron bastantes siglos, levantaron el increíble Panteón, pero no se les ocurrió poner una antena en el tejado. Aunque dejaron preparado el agujero,

eso sí.

Varios autores escépticos con esta posibilidad de sapiens extraterrestre han formulado un sinfín de objeciones y contraejemplos antes y después de Drake.

Tal vez uno de los más conocidos sea el italiano Enrico Fermi, que se planteó una pregunta que bien pudo parecer una simpleza en su momento, pero que a la larga encerraba mucha enjundia. No en vano Fermi fue una de las figuras más brillantes y prácticas de la física del siglo pasado. Ya había predicho nada menos

que la existencia del neutrino, y por sus hallazgos relacionados con la física nuclear recibió el Nobel en 1938. Como las cosas se ponían muy mal en Italia con el fascismo, se marchó con su familia directamente a Estados Unidos desde Estocolmo, con la medalla todavía colgando del cuello. La famosa pregunta de Fermi tiene una historia singular.

Dicen que ocurrió en el verano de 1950, en una conversación distendida entre colegas a raíz de una tira cómica en la prensa. El número de avistamientos de ovnis era enorme, producto sin duda de la proliferación de aviones espía de varios países. Y el periódico de ese día daba la noticia de muchos extraños robos de cubos de basura en Nueva York, seguramente para ser vendidos como chatarra. El humorista de The New Yorker bromeaba con la posibilidad de que los responsables de los robos fueran extraterrestres. Una cosa lleva a la otra, y así, cuando todos estaban en medio de una sesuda discusión acerca de la imposibilidad de viajar más rápido que la luz, Fermi se levantó y gritó: «¿Y

dónde están ellos?». Todos lo miraron esperando una respuesta rápida con sus famosos cálculos (Fermi era un mago haciendo aproximaciones numéricas), y el genial romano concluyó que, de existir, los alienígenas tenían que habernos invadido hacía mucho tiempo y muchas veces. Así que su respuesta llevaba implícita la conclusión de que ni están ni se les espera. Esta pregunta tan sencilla es hoy conocida como la «paradoja de Fermi», y da cuenta de la contradicción entre nuestras frustrantes observaciones y la presunta existencia de un buen número de civilizaciones mucho más avanzadas tecnológicamente que la nuestra. A Fermi no le tomaron muy en serio años después, pero sí a Frank Drake y a otros astrofísicos de prestigio.

Uno de estos fue el también italiano Giuseppe Cocconi, que en 1959 escribió un artículo titulado «Buscando comunicaciones interestelares». En él, Cocconi plantea, junto con su colega Philip

Morrison, el uso de la línea del hidrógeno HI como referencia universal, línea espectral del cambio de estado de energía de los átomos del hidrógeno neutro. Su frecuencia exacta es de 1.420,405751786 MHz, que equivale a una longitud de onda de radio de 21,10611405413 centímetros en el vacío. Si te pongo todos los decimales no es por rellenar, sino porque es así de preciso y, por tanto, una huella común que cualquier otro ser inteligente entendería.

Pero para generar una corriente de opinión favorable a la búsqueda de inteligencia extraterrestre (lo que se llamó después movimiento SETI, acrónimo de Search for Extraterrestrial Intelligence) faltaba, además de financiación y

buenas ideas, alguien capaz de vender neveras en los polos. Un propagandista profesional. Y ya, sin más dilación, me meto en un jardín del que espero salir bien limpio.

Carl Sagan está considerado por muchos el astrónomo más influyente del siglo XX, no tanto por lo que hizo o dijo, sino por cómo lo dijo y cómo lo hizo.

Divulgador excepcional, supo sacar partido —siempre en beneficio de la ciencia

— de la explosión audiovisual de su tiempo. Aupado por la opinión pública, obtendría una notable financiación tanto estatal como privada para sus propósitos, y su obsesión con la existencia de vida inteligente extraterrestre nunca dejó de ser un auténtico quebradero de cabeza para muchos de sus pragmáticos y realistas colegas científicos en la NASA.

No sé por dónde empezar, porque hay biógrafos de Sagan hasta en Marte, donde debe de tener varios canales con su nombre. Seguramente sabrás que Carl Sagan nació en Nueva York en 1934 y fue hijo de inmigrantes judíos ucranianos. Fue un estudiante brillante en la Universidad de Chicago y un competente científico, centrándose en el estudio de los planetas del sistema solar e involucrándose activamente en misiones de la NASA tales como las Mariner, Viking, Voyager y Galileo. Su tesis doctoral estuvo en buena medida dedicada a explicar la atmósfera de Venus, así que en 2020 ha vuelto a ponerse de moda, casi sin querer, con los famosos fosfanos.

Sagan fue un personaje al que hoy definirían como poliédrico, palabro de moda, igual que transversal y resiliente. Su primera faceta, la puramente científica, fue más que digna aunque tampoco como para

echar cohetes, y eso que le gustaba enviar cosas en sondas espaciales más que a nadie. Mezclada con la segunda cara —la enormemente exitosa faceta divulgadora—, formó una extraña combinación que levantó filias y fobias entre sus colegas. De hecho, su solicitud de entrada en la más prestigiosa institución académica estadounidense, la Academia Nacional de Ciencias, fue rechazada de forma casi humillante. Según uno de sus detractores: «No sé de nada que Carl hiciera para merecerlo. Nunca hizo ciencia de verdad, nunca descubrió algo que lleve su nombre». Sin embargo, por aquellos mismos años, en una encuesta de la revista Parade en agosto de 1992, fue considerado por sus lectores como el hombre más inteligente de Estados Unidos. Sin duda, había —y hay todavía— una gran distancia entre lo que piensan los científicos y el gran público. Como muestra, la controversia anual en la concesión de los Premios Nobel.

La gran fama internacional de Sagan se debe indudablemente a la serie de televisión Cosmos. Un viaje personal. Estrenada en 1980 (en España no se emitió hasta el verano de 1982, pero, eso sí, en horario estelar: tras el Telediario y antes de la serie Ramón y Cajal, en un empacho científico en prime time sin precedentes ni consecuentes), es el programa científico más visto en la historia (unos 600 millones de espectadores de setenta países) y, para muchos, la razón de un buen número de jóvenes vocaciones científicas.

Aunque coincidiera en el tiempo con mi década universitaria, mentiría si te dijera que me arrastró hacia el estudio de la física. De hecho, la he visto varias veces, pero con cierta tranquilidad y perspectiva años después. Y me han invitado para hablar y escribir de Cosmos en algunas ocasiones, pero no me considero un hijo científico de Sagan, aun cuando lo haga con enorme admiración. También la separación entre obra y personaje resulta difícil. Por cierto, aprovecho para decir que las secuelas de la serie original son, en mi humilde opinión, totalmente prescindibles. Posiblemente porque Sagan, con todos sus claroscuros, fue único. Y, sin duda, el científico que mejor ha usado su carisma y dotes de persuasión para mostrar y transmitir la belleza y el misterio de la ciencia al gran público.

Pero estamos aquí ahora para buscar inteligencia extraterrestre, y eso es lo que hizo Sagan casi toda su vida. Buscarla por todas partes, aunque sin llegar a encontrarla. Su experiencia comienza en 1964, al publicar su primer éxito de masas: Vida inteligente en el universo, escrito en colaboración con el astrofísico soviético Iosif Shklovskii, que fue su autor principal. Lo tengo aquí sobre la mesa de trabajo, aunque no puedas verlo.34 El libro entusiasmó al público, lo que, visto en perspectiva, me deja atónito. Tiene un montón de fórmulas, tanto

químicas como físicas, entre las que se incluye —cómo no— la ecuación de su amigo Frank Drake. Y muchas consideraciones rayanas en la ciencia ficción.

En este sentido, Sagan sabía manejar como nadie las tortillas especulativas —si me permites el símil gastronómico— dándoles la vuelta de la forma más conveniente. Si el posible número de civilizaciones extraterrestres es muy alto pero no tenemos todavía evidencia de ninguna, eso no es prueba —como podría pensar Fermi— de que no existan, sino de que tienen tendencia a la autodestrucción. Así que Sagan identificó y elaboró un buen número de maneras en que la humanidad puede destruirse a sí misma, lo que no solo promocionó sus ideas, sino que además hicieron de él un activo pacifista e idealista que propugnaba la creencia de que algún día nos convertiremos en viajeros por el

espacio. A este respecto, a Carl Sagan se le atribuyen muchas frases tipo Mister Wonderful, aunque no de todas es el padre. Ahí va una: «En un sentido profundo, la búsqueda de civilizaciones extraterrestres es la búsqueda de nuestra propia identidad». Algunas son compartidas con Arthur C. Clarke, como la famosísima: «Existen dos posibilidades: que estemos solos en el universo o que no lo estemos. Ambas son igual de aterradoras e inquietantes».

Y ya que he mencionado a Arthur C. Clarke, voy a comentar algo de la parte más delicada de la compleja personalidad de Sagan. Un ejemplo que suele aparecer en sus biografías es la elaboración del difícil guion de la celebérrima película de Stanley Kubrick 2001: una odisea del espacio. Kubrick era perfeccionista hasta el límite y contactó con Sagan —nunca mejor dicho— para cerrar flecos sobre la idea de la novela de Clarke. A Sagan, por ejemplo, le debemos el hecho de que no aparezcan alienígenas en el final de la película. Sagan creía a pies juntillas en que la vida extraterrestre podía descubrirse de forma inminente, lo que planteaba un problema si esto ocurría antes de estrenarse la película (una obra maestra, hay que decirlo). La aseguradora londinense Lloyd's, sabedora de esto, no quería hacerse cargo de la póliza que Kubrick quería suscribir por si acaso. A instancias de Sagan, Clarke y Kubrick tuvieron que descartar a los jovianos, a los que imaginaban parecidos a Mister Spock.

También se cuenta, no sé con qué grado de verosimilitud, que Kubrick acabó harto de Sagan porque una y otra vez se enfrascaba en discusiones contrarias a la religión allá por donde pasaban, dejando un reguero de enemigos. Lo cierto es que, en el ascenso de su popularidad, Sagan manifestó los síntomas típicos de una personalidad

narcisista que rayaba en la paranoia (perdón por escribir esto).

Sus relaciones personales evolucionaban de forma dramática, llegando a romper con casi todos sus amigos, incluso con el gran Gerard Kuiper, que también era un hombre de fuerte carácter. Y, por descontado, con sus sucesivas esposas y numerosos ayudantes. Incluso con el director de Cosmos, Adrian Malone, con quien tras acabar el rodaje nunca volvió a hablarse. Era misógino, irascible, caprichoso hasta el extremo y tacaño. Espero no haberte derribado un mito. No lo pretendo.

En 1982, Carl Sagan, tras el éxito de Cosmos y en la cima de la popularidad, logró que Science publicara una petición de defensa del proyecto SETI con el respaldo de más de setenta científicos, entre los que se incluían siete premios Nobel. Poco antes había fundado la Sociedad Planetaria, como vehículo para impulsar los estudios SETI. Dentro de este proyecto se engloban muchas

iniciativas. La primera fue Sentinel, que básicamente consistía en un complejo instrumento colocado en la gran antena de veintiséis metros del radiotelescopio Oak Ridge, en Harvard. El instrumento tenía un analizador de espectros de las señales recibidas con 131.000 canales de banda estrecha. Era solo el principio.

Luego llegó en 1985 el proyecto META —Megachannel Extra-Terrestrial Assay

—, que ya tenía 8,4 millones de canales con una resolución de 0,05 Hz. Este tenía detrás nada más y nada menos que a Paul Horowitz. Si trabajas en el campo de la ingeniería electrónica, te sonará seguro, ya que es el coautor (con Winfield Hill) del libro de texto más conocido sobre electrónica aplicada: The art of electronics. También está en una de mis estanterías. Si no te suena, créeme, es un genio. Aunque para genio involucrado en el proyecto META tenemos al mismísimo Steven Spielberg, que fue el mecenas principal. Que a Spielberg le gustan los extraterrestres no es ningún misterio, pero espero que nadie me compare ET con la magistral 2001 de Kubrick.

Aunque el número de personas importantes que se sumaban al proyecto SETI crecía, y tanto Drake como especialmente Sagan lo promovían allá donde fueran, no daba resultado alguno. En 1981 un senador demócrata, William Proxmire, consiguió cortar su financiación pública, que fue recuperada solo un año después tras una convincente charla privada con Sagan. Allá por 1992 el SETI recibió un gran impulso: el MOP —Microwave Observing Program—. Para buscar extraterrestres se utilizarían tanto la red de antenas de espacio

profundo de la NASA como el radiotelescopio de 43 metros de Green Bank, y, por supuesto, el gigantesco observatorio de cien metros de Arecibo, en Puerto Rico. Una enorme cantidad de tiempo y dinero se invirtió en el proyecto que tanto obsesionaba a Carl Sagan.

Los resultados fueron un completo fracaso; de lo contrario, ya te habrías enterado. Así que solo un año después, en 1993, el Congreso suprimió los fondos públicos del ambicioso programa SETI de la NASA de una vez por todas. Con el final de la Guerra Fría y el programa nuclear, Sagan se quedó casi sin argumentos que defender, y falleció poco después, en 1996, ya solo dedicado a sus libros. Contact, su única novela, se adaptó al cine un año más tarde.

Los proyectos SETI siguen vivos todavía, aunque ya solo son mantenidos por la Sociedad Planetaria, algunas universidades y centros de investigación y, sobre todo, financiación privada. Uno de los proyectos más ambicioso es el ATA —

Allen Telescope Array—, actualmente en construcción en California. La primera

fase tiene 42 pequeñas antenas que trabajan de forma combinada (haciendo interferometría), similar a como lo hacen otras grandes instalaciones radiométricas, como el cinematográfico VLA —Very Large Array—, que tiene 27 antenas parabólicas de 25 metros cada una y está ubicado en el desierto en Nuevo México. Te diré que es el que sale como decorado en Contact, precisamente, cuando Jodie Foster escucha a los extraterrestres con unos simples auriculares de walkman. El proyecto ATA terminado tendrá 350 antenas, cubrirá una región en el cielo diecisiete veces mayor que el VLA y no solo buscará señales extraterrestres en las frecuencias más conocidas (por supuesto, una de ellas es la línea HI de 21 centímetros del hidrógeno), sino que también hará investigación científica astrofísica más convencional y sensata.

El ATA debe su nombre a Paul Allen, el amigo de la infancia y cofundador de Microsoft con Bill Gates. Allen, que falleció en 2018, contribuyó con más de treinta millones de dólares al proyecto, lo que no significó un gran desembolso para él puesto que su fortuna acumulada calculada era de unos 20.300 millones de dólares en ese momento. La Fundación Allen financia un gran número de proyectos científicos en todos los ámbitos, que van desde la elaboración de un gran censo de los elefantes africanos hasta los famosos y gigantescos aviones Stratolaunch, que han sido definitivamente abandonados como lanzadores de cohetes suborbitales en 2019. Parece que no

aciertan mucho en algunas de sus numerosas inversiones, pero les sobra el dinero.

En cualquier caso, personas como Paul Allen devuelven con creces a la ciencia lo que la ciencia les ha dado, pero esta sana mentalidad anglosajona parece que no termina de cuajar en nuestro estrecho pensamiento mediterráneo de pan para hoy y hambre para mañana. Por seguir haciendo comparaciones odiosas, el otro gran proyecto SETI es el Breakthrough Listen —«Escucha avanzada»—, pagado por el físico y millonario —extraña coincidencia esta— ruso Yuri Milner. El invento le está costando, de momento, unos cien millones de dólares. No en vano pretende escuchar hasta un millón de estrellas cercanas, a distancias hasta de 160

años luz de la Tierra.

Solo desde unos pocos años tenemos evidencias inequívocas de la existencia de planetas fuera de nuestro sistema solar. No ha sido fácil. Los planetas giran en torno a sus estrellas (aunque parece haber excepciones de planetas vagando por el espacio en solitario, como el errante CFBDSIR 2149-0403, a unos cien años luz), y estas son tan brillantes que hacían imposible verlos al telescopio.

Hoy se ha conseguido alguna imagen directa borrosa de planetas extrasolares, como la de 2M1207 b, un exoplaneta de unas cuatro masas jovianas que gira en torno a una pequeña enana marrón, 2M1207 (la letra añadida designa al planeta de la estrella). La imagen se tomó en 2004 con el telescopio VLT gracias a que el planeta es muy caliente (unos 2500 K) y la estrella es fría, así que en la banda infrarroja son comparables en cuanto a radiación emitida.

También voy a mencionar a la estrella HR 8799, con cuatro planetas girando en torno a ella, lo que trajo a la cabeza de los observadores del telescopio Keck (con el que fue descubierta) los cuatro famosos satélites galileanos hallados cuatrocientos años atrás girando en torno a Júpiter. Pero lo normal es que el planeta no tenga luz propia y la estrella no deje detectarlo. Por eso se recurre a métodos indirectos.

Los más comunes son la fotometría de tránsitos (el brillo de la estrella disminuye al ser mínimamente eclipsado por el exoplaneta, y así se descubren hoy la mayoría de ellos) y la espectroscopía Doppler, o método de la velocidad radial, en el que se miden desplazamientos en el espectro de la estrella madre. Por este segundo procedimiento se han descubierto ya como el 21 por ciento de los exoplanetas. Y fue el recién mencionado Otto Struve —el inspirador de Frank Drake—

quien abogó en 1952 por este método para detectar planetas distantes.

Y este fue el método empleado para descubrir el primer exoplaneta confirmado.

La noche del 6 de octubre de 1995, los suizos Michel Mayor y su discípulo Didier Queloz apuntaron a la estrella 51-Pegasi desde el pequeño observatorio de Haute-Provence en el sur de Francia, midiendo un desplazamiento en su velocidad radial de solo 70 metros/segundo, que era debido a la influencia gravitacional del invisible planeta. Así identificaron 51-Pegasi b, un planeta del tipo «júpiter caliente» lo suficientemente grande y cercano a su estrella como para ser detectado incluso con mayor facilidad de lo esperado. No eran astrónomos muy conocidos ni estaban en un gran observatorio, pero el descubrimiento del primer planeta girando en torno a una estrella de la secuencia principal les valió el Premio Nobel de Física en 2019. En esta ocasión la Academia sueca sí dio el mismo peso a los trabajos del director de tesis y su doctorando, cosa que no había ocurrido años atrás con Jocelyn Bell y el descubrimiento del púlsar.

Queloz es ahora profesor en Cambridge y sigue trabajando intensamente en la búsqueda de exoplanetas, creando una red de pequeños telescopios robóticos en

distintas ubicaciones para su detección. Uno de ellos se encuentra en el observatorio del Teide, en Tenerife y, como anécdota, puedo contarte que un pupilo suyo se puso en contacto conmigo para que lo asesorara en el manejo de una cámara infrarroja un tanto especial. Siempre ponía a Queloz en copia de sus correos electrónicos, no sé si por impresionarme o por simple cortesía con su director. El caso es que lo consiguió solo a medias, porque el bueno de Didier Queloz es un par de años más joven que yo, incluso teniendo en cuenta mi apellido. Como curiosidad, te diré que el modelo de cámara en cuestión es francamente mejorable, y bastante tiempo me ha hecho perder. Así no hay manera de llevarse ni el Nobel de Física ni, por supuesto, el de Literatura.

Hasta el 1 de octubre de 2020 había confirmados 4354 exoplanetas girando en torno a 3218 sistemas. Escribo «sistemas» porque pueden tratarse de una o varias estrellas (se han descubierto hasta sistemas cuádruples), y la diferencia entre ambas cifras ya te imaginas que se debe a que algunos (en concreto 712) tienen varios planetas. Escribir estas cifras es un tanto ridículo, lo reconozco.

Los números van a subir como la espuma durante los próximos meses y años.

Hay una estimación que circula por ahí sobre que al menos en una de cada cinco estrellas similares al Sol puede existir un planeta de condiciones parecidas a la Tierra, así que, en potencia, tendríamos unos 11.000 millones de tierras habitables en nuestra galaxia. Obviamente pensarás que esto juega a favor, y mucho, de los intereses de Drake y Sagan. Puede ser, pero la Tierra es enormemente especial y diferente.

Te añado algunas curiosidades más. El exoplaneta más cercano conocido está, precisamente, en la estrella más cercana a la Tierra, a 4,2 años luz, orbitando la estrella Próxima Centauri. Queda lejos, pero es la primera parada estelar que tenemos. El más pequeño es un exoplaneta de dos veces la masa lunar que orbita un púlsar. Es un dato para reseñar porque, estrictamente hablando, el primer exoplaneta no fue el de Mayor y Queloz, sino PSR B1257 + 12 b, descubierto en 1992 por los radioastrónomos Alex Wolszczan y Dale Frail; como gira en torno a un púlsar, fue bastante más complicado de confirmar. Y como también tiene un nombre complicado, ha sido rebautizado como Draugr, una especie de zombi en la mitología escandinava.

Respecto a los grandes, hay un problema para clasificar los exoplanetas. Aquí es donde la UAI ha decidido que no pueden superar la masa estimada para poder lograr la fusión del deuterio, es decir, alrededor de trece veces la masa de Júpiter.

Así que es complicado decir cuál es el mayor exoplaneta existente porque muchas veces se confunden con los objetos subestelares conocidos como enanas marrones.

Como ya te conté, la misión Kepler lanzada en 2009 ha catalogado 2662 de los exoplanetas conocidos, algo así como la mitad. El impulsor de este proyecto espacial fue un ingeniero de la NASA, Bill Borucki, y para ello tuvo que luchar contra viento y marea en forma de astrofísicos hechos de materia pura y piel fina. Pero triunfó. Pronto algunos exoplanetas saltaron a los titulares de los medios, como Kepler-452 b, al que enseguida bautizaron como el Primo de la Tierra. La razón es que tiene un tamaño similar a nuestro planeta y orbita dentro de la zona habitable (el concepto genérico de habitable es que pueda tener agua en estado líquido, principalmente), en torno a una estrella muy parecida al Sol.

Eso sí, a 1400 años luz. Es un buen primer objetivo, así que a los

científicos del SETI les ha faltado tiempo para apuntar el recién construido interferómetro ATA y escanear las posibles señales de radio que pudieran emitir sus inquilinos. Lo han hecho ya en 2000 millones de frecuencias (de los 9000 millones de canales totales) y, como imaginarás, el primo de la Tierra es un chico bastante tímido y callado.

Pero esto no ha hecho más que comenzar. Hay otros hallazgos curiosos, como el sistema TRAPPIST-1. Se llama así porque fue localizado por astrónomos belgas usando un pequeño telescopio con ese nombre —Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope— desde Chile. Este sistema gira en torno a una estrella roja muy fría y pequeña, del tamaño de Júpiter, y tiene por matrícula 2MASS J23062928-0502285. Lo que hace excepcional a este sistema situado a casi cuarenta años luz del Sol es que tiene siete planetas orbitando en torno a la estrella, y al menos tres serían similares a la Tierra y estarían en una zona habitable. Es un buen destino alternativo para ir saltando de uno a otro en una futura misión interestelar.

Aunque te he dicho que ya tenemos confirmados al menos 4354 exoplanetas, las observaciones del Kepler ampliadas por el también satélite TESS tienen todavía por confirmar otros 4374 candidatos a exoplanetas más, y las listas siguen creciendo. E incluyen objetos cada vez más interesantes.

Y entonces, ¿por qué no? El hallazgo de tal número de exoplanetas invita al optimismo para, al menos, encontrar vida en sus primeros estados en uno o

muchos planetas, aunque la vida inteligente es mucho más complicada de ser localizada. A no ser, lógicamente, que nos encuentre ella primero.

Los seres humanos llevamos enviando señales al espacio desde las Navidades de 1906, fecha en la que se llevó a cabo la primera transmisión de radio en Massachussets. Como es natural, parte de esa radiación electromagnética salió al espacio a la velocidad de la luz. Así que nuestra esfera de comunicaciones tiene algo más de 115 años luz de tamaño. Si algún tipo verde y simpático vive en ese radio, puede que esté fisgándonos sin decidirse a invadirnos o destruirnos.

Mientras escribo estas trivialidades, pienso lo mismo que seguro pensó Kubrick cuando estaba terminando su fantástica 2001: una odisea del espacio. ¿Qué pasa si antes de que leas estas páginas se descubre la vida extraterrestre? Supongo que este libro no sufrirá mucho las

consecuencias. Su presupuesto es ridículamente pequeño frente al de la película, así que no me vale la pena llamar a la Lloyd's.

Pero por supuesto que me alegraré, porque será un acontecimiento histórico para toda la humanidad.

Mientras reviso el borrador de este libro, oh, maravilla, ha sido anunciada una señal muy estrecha en la banda de los 980 MHz captada por el telescopio Parkes del mencionado proyecto SETI Breakthrough Listen. Justo en el sistema estelar más próximo, Alfa Centauri. Le han puesto por nombre BLC-1 porque es la primera candidata —de ahí «C-1»— que pasa los filtros de ruido mínimos del proyecto. En un año tan raro como 2020 nada puede sorprendernos, pero lo cierto es que se ha medido un corrimiento Doppler inverso al que sería normal debido al movimiento de Próxima b, uno de los exoplanetas ya conocidos. Así que no puede explicarse, de momento. Duró treinta horas entre abril y mayo de 2019, y no ha vuelto a ser detectada, así que los científicos creen, incluso los del SETI, que no es otra cosa distinta a una interferencia terrestre.

Y como he tenido tiempo de una segunda revisión, mucho más reciente, hay que poner dos líneas acerca de Oumuamua o, en hawaiano, «el mensajero de lejos que llega primero». Este objeto fue descubierto el 19 de octubre de 2017. Al principio se pensó que era un cometa, luego un asteroide, pero semanas después (tras comprobarse su enorme excentricidad orbital) se reclasificó como el primer objeto interestelar que cruza nuestro sistema solar. Así, fue bautizado como 2017

U1. Lo interesante vino después.

En 2020 un reputadísimo astrofísico de Harvard, Avi Loeb, publicó un libro de título tan sugerente como Extraterrestre, en el que afirma sin rubor que este objeto tiene un origen extraterrestre e inteligente. Sin entrar en el peso científico de sus argumentos —que parece que han sido fácilmente desmontados por buena parte de mi gremio, que se quedó perplejo por la teoría del ilustre colega—, me quedo con el aspecto positivo de la noticia: un libro bien contado con el suficiente ingenio y una imaginación desbordante puede venderse muy pero que muy bien.

XXII

Preguntas en expansión

Una de las cosas más desconcertantes que tiene la ciencia en general,

y la astronomía en particular, es que, por más interrogantes que resolvamos, aparecen otros tantos o más problemas nuevos.

Para este capítulo casi al final del libro he reservado unas pocas cuestiones abiertas que traen de cabeza a los astrónomos desde hace unas docenas de años.

Muchas te sonarán, porque son muy conocidas por el gran público e incluso me atrevería a decir que vergonzantes para mi abnegada comunidad de colegas. Y

no, no sabemos responderlas. Y tampoco estamos ocultando a la sociedad las respuestas para seguir obteniendo financiación y subvenciones. No somos mala gente. Somos pobres pero honrados.

La primera cuestión que nos trae de cabeza: de todo el universo, solo sabemos con certeza qué es, en números redondos, el 5 por ciento. Nada más. De ese número, el 4 % son núcleos de hidrógeno y helio libres, menos del 0,5 % de estrellas y planetas (solo eso, y parece un porcentaje ridículo), y el resto neutrinos, elementos pesados e insectos, principalmente mosquitos. O sea, que no sabemos casi nada del 95 %. Este porcentaje tan alto lo forman la materia oscura (el 25 %) y la energía oscura, que acelera la expansión (como un 70 %).

Eso es un suspenso general o, mejor dicho, un suspense en toda regla. Un misterio.

Entremos en la materia, con todas las letras. Ya vimos que la primera mente brillante que se dio cuenta de que algo no iba bien en este aspecto fue el extraño Fritz Zwicky, allá por 1933. De los movimientos de las galaxias del borde en el cúmulo de Coma, dedujo que solo podían explicarse si la masa en juego fuera cuatrocientas veces mayor que la que podía ver.

Después de Zwicky, un astrónomo estadounidense, Horace Babcock, midió en su tesis doctoral de 1939 que la relación entre masa y luminosidad en la curva de rotación de la galaxia de Andrómeda se incrementaba con el radio, lo que tampoco era muy razonable, aunque no supiera explicar el porqué. Hubo que esperar hasta los años setenta, en que los astrónomos Kent Ford, Ken Freeman y, sobre todo, Vera Rubin proporcionaron sólidas pruebas del crecimiento de la curva de velocidades de rotación en los bordes de las galaxias espirales.

Vera Rubin fue una estudiante brillante entusiasmada con la astronomía desde su niñez. Aunque no lo tuvo fácil. Después de un

excepcional bachillerato en 1948, en el que nadie más fue capaz de aprobar el curso de Astronomía, intentó ir a la Universidad de Princeton, en la que fue rechazada por ser mujer. Princeton no aceptó aspirantes a astrónomas hasta casi treinta años más tarde. Tampoco Harvard la admitió. Su única opción posible fue ir a la Universidad de Cornell, donde su ya marido Robert Rubin se había graduado. Ella hizo lo mismo en 1951 y, durante esos años, estudió el cambio de posición de más de cien galaxias, llegando a la conclusión de que tenían un cierto movimiento orbital.

Además, los clústeres de galaxias cercanos se encontraban aproximadamente en el mismo plano. Aunque poco después el francés Gérard de Vaucouleurs (con ayuda de su esposa Antoinette) lo reflejaría en un catálogo de galaxias, a Vera Rubin no le hicieron mucho caso en su momento. Y menos intentando explicar su trabajo en la American Astronomical Society con una prominente barriga.

Poco más tarde, con este niño ya nacido en casa y otro en camino, comenzó su doctorado en Georgetown. Tenía solo veintitrés años. Allí estudió bajo la dirección del gran George Gamow, el genio soviético al que le gustaba remar con su mujer para calentarse. Tampoco se lo pusieron sencillo. Georgetown es una universidad privada católica y no le estaba permitido reunirse con su director

—Gamow— a solas en su despacho, por aquello del qué dirán. Poco a poco fue ganando puestos y prestigio, y también añadiendo anécdotas a la cuestión sexista. Igual te interesa saber que fue la primera mujer en observar con el gran telescopio Hale en Monte Palomar en 1965, y que allí tuvo que ingeniarse su propio cuarto de aseo para mujeres porque, obviamente, allí no lo había.

Pero en el haber de Vera Rubin lo más destacado no es que consiguiera baños para mujeres en el gigantesco panteón de Monte Palomar, faltaría más, sino todo lo que descubrió. Volviendo a estudiar sus galaxias y, en especial, la cercana Andrómeda, comprobó que las estrellas tienen curvas de rotación casi constantes, es decir, que las estrellas más externas se mueven a la misma

velocidad que las internas, lo que sugería la existencia de halos de materia invisible.

Sus números indicaban que, al menos, hay seis veces más materia oscura que ordinaria. Rubin había demostrado las sospechas de Zwicky treinta años atrás, y otros descubrimientos posteriores avalaron sus hallazgos. Aunque nunca ganó el Premio Nobel, su

prolífica vida como científica (falleció con 88 años en 2016) ha sido ampliamente reconocida, y más con la denominación de Observatorio Vera Rubin al formidable telescopio LSST que pronto verá su primera luz en Chile.

Los resultados de Rubin se corroboraron con observaciones realizadas con radiotelescopios, especialmente midiendo la famosa línea de los 21 centímetros del hidrógeno atómico en galaxias cercanas. Así es posible extendernos a radios galácticos mucho mayores. Y los resultados son claros: las curvas de velocidad son planas, con independencia de la distancia de la galaxia al centro de su cúmulo. Lo mismo ocurre dentro de las galaxias espirales y la rotación de sus brazos alrededor de su centro galáctico. Si la masa total fuera la que vemos, tendrían que comportarse según ordena y manda la segunda ley de Kepler, y la velocidad radial sería menor conforme se alejaran del centro. Pero ya ves que no, y es que no respetamos nada. Y como nadie pone en duda al gran Kepler, la conclusión es que hay mucha materia que no podemos ver. Tal vez alguna partícula elemental no conocida, como los esquivos neutrinos o los intrigantes e hipotéticos axiones. Pero solo tal vez.

Por supuesto, hay muchas teorías al respecto y, nuevamente, tengo que decirte que si das con la explicación correcta, el próximo Nobel de Física será nuestro sin duda. Desde los años ochenta, es la mayor incógnita no resuelta de la astronomía. Además de sus efectos en la velocidad de rotación, también se manifiesta en la astronomía gravitacional —lentes demasiado gravitatorias— y en el patrón de anisotropías del fondo cósmico de microondas.

Por si fuera poco tanta materia desconocida, al tiempo nos dimos cuenta de que también teníamos una energía igual de rara o más. Toda esta historia empezó con los cúmulos globulares, que son agrupaciones de estrellas muy viejas unidas por la gravedad que orbitan el núcleo galáctico, en lo que se da en llamar «halo galáctico».

Por ejemplo, nuestra Vía Láctea tiene unos 152 cúmulos globulares catalogados (al menos, que veamos, porque se calcula que son unos 180 $\pm$20) y están a una distancia media de unos 130.000 años luz. Nuestra vecina Andrómeda tiene unos 500 de estos cúmulos y algunas galaxias gigantes, como M87, llegan a tener hasta 13.000 de estas nebulosas estelares.

Por dejar una impronta de astrónomos poco conocidos, te diré que el primer cúmulo globular catalogado como nebulosa (M22) fue descubierto por un tal Abraham Ihle en 1665, aunque, como en casi

todo, el que puso orden en estos objetos poco después fue William Herschel. Desde hace bastante tiempo es posible datar la antigüedad de las estrellas de los cúmulos globulares, principalmente gracias a la temperatura de las enanas blancas más frías. Hay cúmulos que tienen hasta 12.700 millones de años, lo que implica irnos casi hasta el principio del universo. El problema radica en que, cuando se estima con los valores actuales de la constante de Hubble la edad del universo (redondeando a unos 70 kilómetros/s/Mpc), el resultado es que solo nos salen 10.000 millones de años. ¿Qué pasa entonces? Que teníamos otro quebradero de cabeza que resolver.

La explicación a esta paradoja vino de la observación de un tipo de supernovas muy lejanas, que se denominan «tipo Ia» y que son iguales a las supernovas de Kepler y Tycho Brahe que estallaron aquí al lado, como recordarás. Básicamente son sistemas binarios formados por una enana blanca y una estrella gigante, que juntas alcanzan el límite de Chandrasekhar. Su curva de luz es muy característica por el decaimiento radiactivo primero del níquel y luego del cobalto, así que estas supernovas se usan como candelas estándar lejanas, igual que se hace con las cefeidas cercanas.

En 1998 se observaron algunas de estas supernovas muy jóvenes, y se comprobó que el universo, además de expandirse, se estaba acelerando. Al menos, durante los últimos 6000 millones de años. Estos descubrimientos fueron llevados a cabo por dos grupos, y reportados de forma independiente con apenas semanas de diferencia. Uno de ellos —el Supernova Cosmology Project— estaba liderado por el investigador Saul Perlmutter, de Berkeley, y el otro —el High-Z

Supernova Search Team, mucho más internacional—, por los astrofísicos Brian Schmidt y Adam Riess. Los tres compartieron el Premio Nobel de Física de 2011

por «el descubrimiento de la expansión acelerada del universo por medio de observaciones de supernovas muy lejanas».

Resumiendo, la constante de la ley de Hubble (perdón, de Hubble-Lemaître) no es constante, aunque le damos un valor fijo hoy. Ahora resulta que, sintiéndolo mucho, es un parámetro que cambia con el tiempo. Lejos de frenarse debido a la gravedad, el universo se acelera. ¿Por qué? Ni idea. Ahí tenemos más premios gordos pendientes por salir, amigo mío.

La teoría más aceptada hoy en cosmología para explicar la aceleración en la expansión del universo recibe el nombre de «modelo Λ-CDM»,

del inglés Lambda (Λ)-Cold Dark Matter. La letra griega lambda (Λ) no es otra cosa que la famosa constante cosmológica propuesta por Einstein en 1917 (también usada por el cura Lemaître) para modificar su modelo de la relatividad general y conseguir una solución que llevara a un universo estático. Pues bien, en esta locura histórica, ahora resulta que los cosmólogos han recuperado este parámetro que terminó denostando Einstein porque con él encajan las observaciones. Y lo hacen casi un siglo después, lo que resulta increíble.

Quizá por eso, en un episodio de 2011 de la serie The Big Bang Theory, Sheldon Cooper ironiza al ver la retransmisión de la entrega del Nobel: «Mira al doctor Saul Perlmutter ahí arriba, agarrando ese Premio Nobel. ¿Qué pasa, Saul, tienes miedo de que alguien te lo robe? ¡Como si tú no hubieras robado la constante cosmológica de Einstein!». No sé si mucha gente entendería esta broma, pero ahí queda como un acierto de los guionistas de la famosa serie.

En este modelo Λ-CDM, dicha constante cosmológica se calcula a partir del valor actual de la constante de Hubble y la fracción de densidad de energía de un universo plano. Esta última vale aproximadamente 0,70 o, lo que es lo mismo, el 70 por ciento del presente universo. Por si tienes interés en un número calculado a partir de las últimas medidas del satélite Planck, la famosa constante vale ahora $\Lambda = 1{,}1056 \cdot 10\text{-}52$ metros-2. Lo curioso es que durante los primeros 7600 millones de años del universo esta constante habría sido negativa, pero en los siguientes 6200 millones ha pasado a ser positiva y, por tanto, responsable de la expansión acelerada del universo. El modelo Λ-CDM, que funciona asumiendo que la relatividad general es la teoría correcta a escalas cosmológicas, predice bastante bien una serie de cosas conocidas, como la existencia del fondo cósmico de microondas; la abundancia de hidrógeno, helio y litio; la distribución de galaxias a gran escala, y la expansión acelerada del universo observada por las supernovas Ia. Además, postula la existencia de una materia oscura fría —de ahí lo de Cold Dark Matter—, que sería materia no bariónica (los bariones son los

protones y neutrones, básicamente) y, además, fría, lo que significa que su velocidad sería muy inferior a la de la luz, excluyendo por tanto a los neutrinos convencionales.

Por supuesto que este modelo no lo explica todo y sigue sin decirnos qué son la energía oscura y, sobre todo, la materia oscura, pero hay miles de físicos de todo el mundo trabajando día y noche en ello. Vamos a darles tiempo y, de paso, algo de dinero para que no pasen necesidades, porque no se trata solo de trabajar con un lápiz y un

papel. Piensa en ellos como en los inventores del confinamiento voluntario.

En astronomía hay muchos otros problemas por resolver, algunos de los cuales te he mencionado ya. Por ejemplo, no sabemos cuál es el tamaño del universo completo, solo que el universo observable tiene un tamaño de 93.000 millones de años luz. Tampoco sabemos por qué hay más materia que antimateria en este universo observable. Ni cuál es la forma del universo, que, de momento, se ha visto que tiene una curvatura casi cero (que es plano, vamos). Tampoco sabemos mucho de los agujeros negros, aun cuando estén siendo motivo de Premios Nobel últimamente: ¿Existen los agujeros negros primigenios? ¿Por qué no hay agujeros negros con masas intermedias? La misma radiación de cuerpo negro de Hawking sigue siendo una teoría. En su caso, al evaporarse estos objetos, ¿su radiación nos proporcionaría información de su estructura interna?

Y si nos ocupamos de objetos más cercanos, ¿por qué el Sol presenta sus ciclos de manchas, y qué ocurrió en el famoso mínimo de Maunder? ¿Por qué es mucho más caliente la corona solar que la superficie? ¿Por qué solo se emiten jets relativistas de energía en direcciones prefijadas? ¿Es la materia oscura la responsable de la diferencia en las velocidades de las estrellas alrededor de los centros galácticos o nos estamos perdiendo algo? ¿Cómo implosiona una supernova? ¿Por qué los rayos cósmicos tienen energías tan enormes? ¿Existe realmente la materia extraña? Y muchas cosas más entre las que se encuentra, por supuesto, la gravedad cuántica. ¿Podrán algún día conjugarse la mecánica cuántica y la relatividad general en una teoría consistente? ¿Podremos explicar el primer instante de la creación del universo? ¿Y cómo acabará este?

Ponte a pensar en ello, pero despacito. La Fundación Nobel no anda muy boyante económicamente y durante la última crisis de 2011 redujo de diez a ocho millones de euros el dinero a repartir. Cada premio es, en números

redondos, de un millón de euros, pero de forma salomónica los de ciencias se dividen entre dos o tres. Con 300.000 euros no saldrás de pobre, aunque siempre habrá gente como yo que te cite en un libro, y esto es lo que realmente importa, tu factor de impacto. Si conoces el mundillo de la investigación, seguro que sonríes con esto.

En buena lógica, cuantos más medios tengamos a nuestro alcance para investigar, antes podremos dar respuesta a algunas de estas preguntas. En los primeros capítulos hemos rastreado la astronomía a simple

vista, la que solo utilizaba los ojos para mirar y entender el cielo. Fueron muchos siglos así. Con el telescopio, nuestro mundo se hizo más grande, literalmente. Los primeros años solo pudimos captar luz débil y lejana, limitada a la respuesta de nuestros fotorreceptores oculares, que es bastante pequeña. Con la espectroscopía dimos un paso más. Al separar la luz según su energía, la información que podíamos extraer de la misma se hizo muchísimo mayor. Más tarde ampliamos el rango de luz —el espectro— que podíamos captar con nuestros telescopios y sus instrumentos: el visible y el infrarrojo. Diferentes tipos de telescopios y técnicas asociadas llevaron más lejos el análisis del espectro electromagnético. Con las antenas nos adentramos en los rangos de las altas frecuencias, en las microondas y en las ondas milimétricas. Apareció la interferometría. Las limitadas películas fotográficas fueron paulatinamente sustituidas por dispositivos electrónicos de estado sólido: CCD, CMOS y tecnologías híbridas de detección mucho más sensibles y sintonizables en todo el espectro. Cuando la atmósfera se convirtió en un problema real en nuestro afán de ver más allá, salimos al espacio: se hicieron visibles los energéticos rangos ultravioleta, los rayos X y los gamma.

También buena parte del infrarrojo oculto por la atmósfera. Casi podemos decir que, a estas alturas, no hay fotón que se nos resista.

Pero ¿solo hay astronomía basada en fotones y su radiación electromagnética asociada? La respuesta actual es que no. Hay que diversificar el negocio. Así ha surgido el nuevo concepto de «astronomía multimensajero». Igual que hubo un tiempo en que solo Correos repartía cartas y paquetes, ahora tenemos otras mensajerías. Algunas pueden ser, incluso, más rápidas. La astronomía multimensajero se basa en la observación coordinada de eventos en el cosmos por distintos canales.

Obviamente, el principal de ellos sigue siendo la captación de radiación electromagnética con nuestros telescopios y antenas. Pero ya he mencionado, al

menos, otros tres de ellos. Por supuesto, el segundo son las ondas gravitatorias, como las que captura LIGO. En tercer lugar, la detección de los rayos cósmicos y, por último, la de neutrinos provenientes del espacio. No todos se dan a la vez.

Así, por ejemplo, cuando dos estrellas de neutrones se fusionan, podremos recibir radiación electromagnética y también radiación gravitatoria, pero no rayos cósmicos (aunque tal vez sí neutrinos, o eso se cree). Si captamos un blázar, igualmente recibiremos su

potentísima radiación electromagnética, posiblemente también rayos cósmicos y, tal vez, algunos neutrinos.

Esto ocurrió, si recuerdas, con el objeto de matrícula tejana TXS 0506 + 056, descubierto en 1983. Los neutrinos, que apenas interactúan con nada y cuya masa es menor que la milmillonésima parte de un protón, son uno de los grandes enigmas dentro de la física de partículas y también de la cosmología. No está muy claro qué papel juegan en el universo. Hasta el descubrimiento de este extraño blázar, solo se habían detectado neutrinos cósmicos tras la explosión de la supernova SN 1987A, evento que se produjo en la vecina galaxia de la Gran Nube de Magallanes en 1987.

Para coordinar todas estas técnicas, se establecen redes de observación. No es fácil. La más conocida es la SNEWS —Supernova Early Warning System—, que trabaja de forma automática desde 2005 en el Brookhaven National Laboratory (BNL). Cuando se activa esta red de detectores de neutrinos, envía alertas a los observatorios convencionales de radiación electromagnética. En el ejemplo anterior del blázar TXS 0506 + 056, el 22 de septiembre de 2017 se detectó un neutrino extremadamente energético, de unos 290 teraelectronvoltios (por comparación, te diré que en el acelerador LHC en el CERN lo más energético que podemos producir son unos 13 teraelectronvoltios). A este neutrino se le bautizó IceCube-170922A, ya que fue en el detector antártico IceCube donde se encontró (al interactuar con el hielo, el neutrino produjo otra partícula elemental, un muon).

La radiación Cherenkov también es detectable por telescopios especiales, como los MAGIC del observatorio de La Palma. Lo hicieron unos pocos días después, el 28 de septiembre y el 4 de octubre. De esta forma se pudo saber de dónde diablos había venido el flechazo. Aunque parezca increíble, fue del hombro izquierdo de la constelación de Orión, pero a una distancia de unos 5700

millones de años luz. El guerrero está en plena forma, parece. Sus rayos gamma también se detectaron desde un par de misiones espaciales. Y luego se detectó

radiación proveniente de esa localización en casi todo el espectro electromagnético.

Otro ejemplo muy conocido resultado de la astronomía multimensajero fue la onda gravitatoria detectada por los LIGO y Virgo el 17 de agosto de 2017. El evento GW170817 solo duró unos cien segundos, mostrando las características de una fusión de dos

estrellas de neutrones. A diferencia de la fusión de agujeros negros, las estrellas de neutrones sí emiten radiación electromagnética. Y eso fue una suerte, porque varias decenas de observatorios captaron el formidable suceso. Los tres detectores gravitatorios apenas pudieron triangular una gran área posible del evento en el cielo de unos 30º. Pero solo 1,7 segundos tras el suceso, los satélites Fermi e Integral localizaron un GRB (GRB 170817A) de intensos rayos gamma que duró 2 segundos, así que la búsqueda se acotó bastante en una zona junto a la galaxia NGC 4993.

Lo que siguió fue una intensísima campaña de acoso y derribo que dio sus frutos: hasta seis observatorios informaron de una nueva fuente de radiación en el lugar indicado observando en otros rangos del espectro en un intervalo de noventa minutos. En las horas siguientes tuvieron lugar un buen número de confirmaciones, tanto desde tierra como desde el espacio. Incluso el Hubble apuntó allí un par de días después. No se detectaron neutrinos —lo que ya hubiera sido la pera— porque posiblemente los chorros del GRB no estaban lo suficientemente alineados con nosotros.

Sin embargo, el éxito de esta detección ha sido, posiblemente, el mayor en la nueva disciplina de la astronomía multimensajero. Para que te hagas una idea, dio lugar a ocho cartas en Science, seis en Nature y 32 contribuciones en una edición especial de la principal revista The Astrophysical Journal Letters. ¿Lo más curioso? Pues que el artículo principal que describió todo este proceso estuvo firmado por más de 4000 astrónomos en todo el mundo, juntando más de 900 instituciones y setenta observatorios. Por supuesto, la primera institución firmante fue LIGO. ¿Quieres saber quién es el primer autor de los 4000 en la lista? Sí, en efecto, nuestro herrero favorito, Ben Abbott. De haberse llamado Benjamin Smith, como hubiera sido lo suyo, no tendría un currículo tan envidiable.35

XXIII

Eso que no entiende nadie

Quiero empezar el breve último capítulo con una sencilla anécdota que me contó un buen amigo. Entró a desayunar en una cafetería y, tras pedir un cortado y algo más —no tengo tanto detalle, pongamos que unos churros, como el famoso extraterrestre de Eduardo Mendoza, Gurb—, se puso a mirar distraídamente la televisión del local. A su lado, un vecino de barra que se afanaba en las mismas tareas —desayunar mientras escuchaba las noticias— exclamó en voz alta con tono indignado: «Ya están otra vez hablando de eso que no entiende

nadie». La fecha de este suceso gastronómico fue muy probablemente el 5 de julio de 2012, el día siguiente de que el laboratorio de partículas europeo CERN anunciara el hallazgo del famoso y mayormente incomprendido bosón de Higgs.

¿Por qué cuento esto? Porque me parece bastante ilustrativo del tiempo y la sociedad en la que nos ha tocado vivir. Aunque el alegre título del libro es intocable, puede que no todo sea de color de rosa. Ya te he hablado del enorme éxito en los años ochenta de la serie televisiva Cosmos de Carl Sagan, de las ventas millonarias de Breve historia del tiempo, de Stephen Hawking. Podemos echar la vista atrás y recordar la pasión con la que millones de personas veían los documentales marinos de Jacques Cousteau, y también que nadie despegaba la vista de las pantallas cuando sonaba la maravillosa música de El hombre y la tierra, del inolvidable Félix Rodríguez de la Fuente. ¿Ya no llega la ciencia? ¿Y

la astronomía? ¿Estamos volviendo a los tiempos oscuros, de magia y superstición, de pereza intelectual? ¿No hay afán por saber? ¿O es que hay un exceso de información? ¿Se valora la ciencia como tal? ¿O es un gasto inútil, un capricho de unos pocos que se paga con el dinero de todos?

No pretendo contestar a todas estas y otras preguntas similares. Pero sí quiero utilizar las últimas páginas de esta especial «historia de la astronomía» para reflexionar sobre el papel de esta y la importancia de su conocimiento. Si el ser

humano lleva unos seis mil años mirando al cielo y pensando sobre él, y esa inquietud es extensiva a todas las civilizaciones que han pasado por el planeta Tierra —aunque no tuvieran aparatos de radio hasta el final—, será por algo. La astronomía ha empujado el saber humano casi como ninguna otra disciplina científica. Hoy convivimos de nuevo con terraplanistas, negacionistas de los viajes lunares, videntes y astrólogos que nunca desaparecieron y, lo que es peor, con una generación, la mía propia, que vive en buena medida de espaldas a la investigación y el conocimiento. No se trata de dinero, ni de inversiones ni de privilegios especiales. Es, simplemente, una cuestión de supervivencia. No saldremos de esta crisis ni de ninguna otra sin usar la cabeza. Y no para embestir, precisamente.

¿Es la astronomía un pasatiempo inútil? Una simple respuesta la tienes en tu bolsillo, y no me refiero al dinero, sino a tu manoseado teléfono móvil sin el que ya no sales de casa ni concibes tu existencia diaria. Ahora que has leído el libro

—espero que no hayas empezado por el final, o estés buscándole los dibujos que no tiene—, ya sabes cómo se descubrió el fondo cósmico de microondas, la utilidad de desarrollar antenas, cómo se mueve un satélite (no importa que sea natural o artificial, en cualquier caso lo hará como Kepler quiere), cómo funciona la gravedad (como ordena el gran Newton), cómo se corrige el tiempo en tu GPS (así lo dijo Einstein), de dónde sale el litio de tu batería y la energía solar. Que, curiosamente, es energía atómica. Aunque no te guste.

Te voy a contar ahora una historia relacionada también con tu móvil e Internet. A comienzos de los años noventa un ingeniero electrónico observaba en un radiotelescopio en Australia, el Dwingeloo Radio Observatory. Mi ilustre colega se llama John O'Sullivan y es doctor por la Universidad de Sídney. Trabajaba para el CSIRO —Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation— o, lo que es lo mismo, la agencia pública australiana responsable de la investigación científica. En 1996 el grupo que dirigía (citémosles a todos, porque se lo merecen: John O'Sullivan, Graham Daniels, Terence Percival, Diethelm Ostry y John Deane) inventó una técnica para reducir las interferencias en señales de radio que se transmitían entre redes de ordenadores próximos.

Trabajaban en un proyecto para detectar miniagujeros negros del tamaño de una partícula atómica. No descubrieron los miniagujeros negros con su modesto radiotelescopio, pero lograron transmitir datos sin cables de forma segura a una velocidad de 100 megabits por segundo. Sin interferencias. Este método fue patentado por el CSIRO en 1996. Es, te lo habrás imaginado, la base de tu

adorado wifi. Solo en 2009 hasta catorce compañías tecnológicas estadounidenses y japonesas tuvieron que pagar en total más de mil millones de dólares por infringir la patente. Entre ellas, las más conocidas fueron Microsoft, Intel y Nintendo.

Cada año el CSIRO ingresa más de 430 millones de dólares por su invento, aunque tiene que pleitear bastante en los juzgados estadounidenses para cobrarlos. Hoy el wifi se extiende a un montón de protocolos y está regulado por una alianza u organización comercial formada por más de ochocientas compañías que certifican casi 3000 millones de dispositivos al año. Si me permites la grosera pero gráfica expresión, primero tuvieron que besarles el culo a los astrofísicos.

El invento del wifi es uno de los ejemplos más llamativos de retorno económico de las inversiones en investigación básica, de las cuales la

astronomía es una de las principales. Hay muchos más, y aunque no tendría que molestarme en justificarlos, son ilustrativos para hacer callar muchas bocas que están abiertas con más frecuencia de la deseable.

Otro más cercano en el tiempo —por desgracia, demasiado habitual, tanto da que estés en un aeropuerto, en un supermercado chino, en una guardería o en la universidad— es el termómetro de infrarrojos. Por descontado que hace ya unos cuantos años dejó de usarse el entrañable termómetro de mercurio (prohibido taxativamente por su toxicidad, y más con niños cerca que lo rompen y chupan todo). El primer termómetro sin contacto fue comercializado en 1991 por la empresa californiana Diatek, que adaptó a la medicina la exitosa tecnología utilizada por la NASA en su satélite IRAS —Infrared Astronomical Satellite—, que te he nombrado antes. Este primer termómetro médico medía la temperatura de la energía radiada por el pabellón auditivo, que es bastante característica. Y

no, no te asustes cuando te apunten a la frente con uno de estos aparatos. No te van a disparar con un láser al centro de la importantísima glándula pineal, como una amiga tan afable como ingenua me preguntó un día. Si se dirige hacia la frente es porque suele ser la única parte de nuestro cuerpo que llevamos al descubierto, y así es más fácil comprobar si tienes fiebre. Estos aparatos hacen incidir tu energía —no, no es tu aura, pero puedes pensarlo así si te sientes mejor

— en un sensor de estado sólido. Normalmente, un bolómetro, que es algo tan sencillo como una resistencia eléctrica que cambia su valor cuando se calienta mínimamente. Hoy podemos hacer imágenes térmicas para mil aplicaciones diferentes, siendo la medicina y la vigilancia las principales.

Si te pasas por el IAC para que te expliquen cómo se usan estos sensores u otros cualesquiera en astronomía, seguramente nos conoceremos. Su uso se ha extendido en muchísimos ámbitos al uso civil —suena raro, como contraposición al uso militar, que sí que gastan lo que no está escrito—. Ya tampoco los médicos impresionan placas de rayos X; gracias a la astronomía, tenemos sensores mucho más sensibles y precisos fabricados como un chip más, y en nada se diferencian de una cámara de fotos. Tu tibia rota en formato JPG va directamente a tu móvil, para que la subas a Instagram antes y después de la escayola.

Uno de los dispositivos más exitosos y que te he nombrado ya es el

CCD

(Charge Coupled Device). Estos chips para hacer imagen digital con muchísima mayor sensibilidad y nitidez que la clásica película fotográfica han sido los reyes durante las últimas décadas, y el gran impulso en su desarrollo vino, por descontado, por las demandas de los astrónomos. Aunque, para ser honestos, no tienen su origen en nuestros laboratorios, sino en los de la empresa Bell Labs.

A finales de la década de los sesenta, dos ingenieros estadounidenses —Willard Boyle y George Smith— trabajaban en el diseño de memorias para ordenador y se dieron cuenta de que la carga eléctrica (los electrones) podían acumularse en pozos de potencial que eran susceptibles de desplazarse como si se tratara de una cinta transportadora. Aunque podían servir como almacenes de memoria, también valían para guardar la información de un fotodiodo, que convierte la radiación electromagnética incidente (los fotones) en dicha carga eléctrica.

Dicho de forma muy simple, ya éramos capaces de contar fotones pero convertidos en electrones. Si al cubo o pozo de carga lo llamas píxel y lo replicas millones de veces, tienes una estupenda fotografía.

El invento de los ingenieros fue de tal nivel que los suecos les dieron el Nobel de Física en 2009. Yo me sorprendí bastante, la verdad, pero me hizo muy feliz por la parte que le toca a mi trabajo y ámbito profesional. Hoy la mayoría de las cámaras fotográficas han sustituido los CCD por la tecnología CMOS, mucho más barata y moderna, y con un desarrollo descomunal por la expansión de la telefonía móvil. Sin embargo, el viejo y fiel CCD sigue reinando en el mundo de la astronomía, tanto en tierra como en el espacio. Por cierto, que también las obsoletas películas fotográficas alcanzaron su cima gracias a la astronomía, como las inolvidables emulsiones de Kodak.

Y no solo son dispositivos astronómicos los que ayudan a la sociedad. También

las técnicas. La novedosa óptica adaptativa —esencial hoy en todo gran telescopio que se precie— se aplica ya en la diagnosis médica en microscopios electrónicos, escáneres y resonancias magnéticas (obvio; todo se ve mucho mejor y más nítido). Casi cualquier tecnología que triunfe en la puntera astronomía acaba siendo utilizada en medicina.

Me viene ahora a la mente una divertida frase de don Justiniano Casas al respecto, escuchada entre risas en una de sus clases de óptica

universitaria: «Es muy sencillo venderle un instrumento a un médico. Lo complicado es que aprenda a manejarlo». Posiblemente nuestras madres han sido las mejores receptoras de la tecnología. La mía era una entusiasta del horno, tanto del convencional como del microondas y, por supuesto, del vidrio Pírex.

Lo inventó un alemán, Otto Schott, en 1893, pero lo popularizó la empresa Corning Glass Works de Nueva York desde 1915, y más cuando fabricó con este compuesto el enorme espejo de cinco metros de Monte Palomar. Su coeficiente de expansión térmica es tan bajo (te lo pongo: $3{,}3 \cdot 10-6/K$) que lo puedes calentar por encima de los 500 ºC sin que se inmute. Y hasta los 820 ºC no empieza a reblandecerse. Así que no ha faltado en ninguna cocina desde que lo inventaron.

Pero la astronomía tira mucho, y ahora es otro invento llamado Zerodur (patentado por la empresa alemana Schott, que, en efecto, fue fundada por Otto Schott en 1884) el rey de nuestros materiales vitrocerámicos. Su coeficiente de expansión térmica es increíblemente bajo: $0{,}05 \cdot 10-6/K$, unas setenta veces menor que el venerable Pírex o veinte veces menor que el diamante. Eso que nos ahorramos, porque hacer espejos de cuarenta metros a base de diamantes pulidos sería muy bonito, pero nada barato.

Tener que justificar la inversión en astrofísica es casi absurdo en estos tiempos.

Con el enorme problema del cambio climático a corto plazo, la búsqueda de fuentes de energía alternativas se ha convertido en una prioridad absoluta para la comunidad mundial. Los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, están en el origen del problema, y su utilización debe reducirse drásticamente.

Las energías renovables, como la eólica y la solar, son fuertemente dependientes de la meteorología y en ningún caso garantizan el abastecimiento demandado por el enorme consumo conjunto de los más de 7700 millones de seres humanos sobre el planeta Tierra, más los cinco o seis afortunados individuos que orbitan

de forma habitual la misma a bordo de la Estación Espacial con el comandante Newton al mando (esta frase no es mía, sino del astronauta Jim Lovell). Para colmo de males, la energía de fisión nuclear sigue padeciendo los recelos de una sociedad poco informada de sus beneficios y su falaz uso político basado en el miedo.

La solución está en las estrellas. No será sencillo, pero ya nos hemos

puesto manos a la obra. Seguro que has oído hablar del ITER —International Experimental Reactor—, un formidable proyecto internacional en fase de construcción con el que se esperan lograr las condiciones similares que conducen a la fusión nuclear dentro de una estrella, la mayor fuente de energía conocida. La inversión es tan enorme como necesaria (de unos 24.000 millones de euros por el momento, y subiendo), solo superada por la mencionada Estación Espacial Internacional, el programa Apollo que nos llevó a la Luna y, en menor medida, el Proyecto Manhattan, que nos avergonzó como raza humana. Este reactor experimental se está levantando en Cadarache (Francia) y pretende conseguir un plasma formado por deuterio y tritio (isótopos del hidrógeno) a más de 150 millones de grados centígrados para su conversión en helio. Que podamos hacerlo los seres humanos depende mucho de comprender bien cómo lo hacen nuestras estrellas. Necesitamos grandes y potentes telescopios, y construirlos no va en detrimento de la felicidad de las ardillas en su hábitat natural. Como científico y como padre, nunca haría ningún mal ni a las ardillas ni a sus primas las cobayas. No me lo perdonaría.

Voy a terminar aquí. Este creo ha sido un repaso largo y detallado a siglos de esfuerzo personal de docenas de científicos entusiastas que, perdiendo horas de ocio y sueño, dedicaron su existencia a hacer comprender a las generaciones futuras —nosotros— los secretos del universo. Las claves para ello fueron el estudio y el trabajo. No lo olvides. Parafraseando a una de las principales figuras de la política europea de este siglo, podríamos finalizar diciendo: «Invirtamos mucho en educación e investigación porque los ignorantes nos salen después muy caros». Dicho queda.

Algunas notas de interés

Tal y como acostumbro cuando termino un libro, añadiré unas pocas notas al final acerca de su gestación. La motivación para escribirte un libro sobre la historia de la astronomía ha tenido distintos factores. El principal es que los dedos no me paran quietos, y tampoco la cabeza. Doy gracias al cielo por ello, por no perder mis entendederas entre inútiles cadenas de televisión o vídeos de YouTube. Pero reconozco que hacer un resumen así, tan amplio y peligroso, es una temeridad. Lo dije al comienzo y lo repito ahora: hay cientos de libros sobre astronomía y tal vez este no te aporte muchas cosas nuevas. Sinceramente espero que no sea así, y que ahora leas estas notas con la satisfacción y la sensación de haber invertido bien tu tiempo y tu dinero.

La primera idea para abordar este libro me vino de bastante atrás.

Durante unos meses, hace unos años ya, colaboré desinteresadamente junto con algunos compañeros del IAC en una serie de breves artículos que eran publicados en el suplemento de ciencia de la edición digital de El País. Mi compañera, y a la vez jefa de la unidad de divulgación de mi centro, Carmen del Puerto, la gran culpable, le dio a esta sección el imaginativo título de «Crónicas de Astromanía». Fueron como ocho o diez —no recuerdo el número exacto—

colaboraciones que, modestamente, gustaron tanto a los lectores como al que las escribió. Y ya puestos, ¿qué me impedía hacer algo más ambicioso, sin ceñirme a unos pocos párrafos y a unos pocos hechos y personajes de la historia de la astronomía? La respuesta obvia era el tiempo. Se convirtió en un proyecto, en un

«ya veremos».

El tiempo necesario para la documentación y confección de este libro ha venido sin yo pretenderlo. Y, sinceramente, hubiera preferido no tenerlo, por el enorme coste personal que, tanto a mí como seguramente a ti también, nos ha supuesto.

Estas páginas bien podrían haber esperado en el limbo unos meses o incluso unos años más si no hubiéramos perdido tanto. En mi caso, la devastadora pandemia de la covid-19 se ha llevado a una de mis más fervientes y entusiastas lectoras, mi propia madre. La dedicatoria de este libro a su memoria es obligada y necesaria, dura y emocionante. Vaciar una casa familiar de recuerdos y libros, decenas de ellos, ha sido una experiencia difícil para los cinco hermanos.

Gracias a mis padres, todos nosotros aprendimos no solo a leer, sino a disfrutar con la lectura. Eso nos quedará de forma indeleble entre nuestros recuerdos.

Otra de mis asignaturas pendientes, disfrazada de motivación, que espero haber superado, ha sido la deuda social de la necesaria divulgación. He salido en esta ocasión de la tan manida zona de confort —en mi caso, la novela—, para adentrarme en un terreno más árido y desconocido para mí. Quizá te parezca exagerado, pero me considero un privilegiado en mi trabajo diario y, de alguna forma, me siento en deuda con la sociedad que me paga por ello. Investigar es necesario, y mucho, pero tiene un fuerte componente personal que suele satisfacer a quien lo realiza. Crear interés en los lectores, avivar la curiosidad, despertar el científico dormido que probablemente tengas dentro de ti es tan sugestivo como estimulante para mí a la hora de escribir. Tal vez este sea el primer libro sobre astronomía que

leas. Si no es el último, me doy por satisfecho.

En párrafo aparte te explico y me justifico acerca de otras cuestiones más técnicas. Habrás notado que apenas he citado otros libros o lecturas recomendadas en algunas notas al pie. Es deliberado. Te anticipé antes de comenzar que no pretendo hacer del lector, de ti, un experto, sino un individuo curioso e interesado en la astronomía. Esto no quiere decir que no puedas leer otras cosas, pero no he querido caer en la sobreinformación. Cuando soy yo el lector, apenas uso esa información adicional que se me ofrece, aunque sé que es del gusto de muchos autores rellenar docenas de páginas adicionales al final de sus obras con referencias a otros libros, artículos en revistas y ensayos propios y ajenos. Habitualmente sí lo hago cuando escribo documentación técnica —en mi día a día— y, tal vez por eso, me echa atrás repetir el mismo esquema en este libro. En resumen, busca tú mismo. Pero no interpretes esta frase como una salida de tono, sino como un acicate para tu curiosidad. En otros tiempos, la documentación necesaria para escribir un libro como este hubiera llevado muchos meses, tal vez años, e innumerables visitas a bibliotecas y copisterías.

Ahora casi de todo se encarga Internet. Y menos mal que es así porque confinado no se puede hacer mucho más. No todo es malo en la red de redes, más bien al contrario (pero ojito con algunos artículos de la Wikipedia que parecen escritos por el enemigo). He intentado contrastar casi todos los contenidos de mis búsquedas y los datos que aquí se contienen en un par de fuentes distintas pero, obviamente, eso no me exime de posibles errores en las mismas o naturales despistes en mi despoblada sesera. En el caso de que identifiques alguna de mis extremidades inferiores fuera de lugar, te ruego me

excuses. Y me lo cuentes después. Una de las cosas que más satisfacción me ha traído en las comunicaciones con los lectores de mis novelas anteriores es el hallazgo de gazapos. No soy masoquista, pero me produce un gran orgullo comprobar el grado de interés y preparación del lector que primero encuentra el error, luego lo comprueba, después lo verifica y más tarde se arma de valor como para escribir un correo electrónico al autor y restregárselo.

Este libro no habría sido posible sin la participación y colaboración, por activa o por pasiva, de algunas personas. No voy a mencionarlas a todas, pero la cortesía manda nombrar, al menos, a las más necesarias. Cuento con buenos amigos divulgadores y eso es impagable. Además, no puedo separar una cosa de la otra.

Así que tengo que nombrar aquí a Paco Bellido (busca en Internet sus Destinos Astronómicos, imprescindible guía de todo amante de la historia de la astronomía y que he consultado a menudo), y al sin par Daniel Marín (el autor del famoso blog Eureka, la enciclopedia de la astronáutica que consultan Pedro Duque y sus amigos antes de salir al espacio). Casi lo mismo podría decir de Víctor Ruiz y Héctor Socas, que dirigen sendos pódcast desde Canarias con una audiencia digna de los tiempos de José María García (Radio Skylab y Coffee Break, respectivamente). Ya he nombrado a Carmen, pero también tengo que añadir aquí entre mis «impulsores» de siempre a Antonio Cruz y a César Arza. Y

a muchísimos compañeros del Instituto de Astrofísica de Canarias, por supuesto.

Por la parte editorial, la excelente labor de Esther Aizpuru en la corrección del manuscrito. Y no me duelen prendas en reconocer y agradecer la exigencia y el cariño (una cosa no quita la otra) de Blanca Rosa Roca, siempre marcando el norte como la estrella polar. Y de su mano derecha, Silvia Fernández. Que comparte nombre con mi hija, la que, junto con mi mujer, Mari, han tenido una paciencia que se ha ido expandiendo tanto como el propio espacio y el tiempo empleado en redactar esta alegre historia.

Notas

1.

Puedes echar un vistazo en https://youtu.be/QY_Gc1bF8ds

2.

Joshua Gilder y Anne-Lee Gilder, Heavenly intrigue. Johannes Kepler, Tycho Brahe, and the murder behind one of history's greatest scientific discoveries, Doubleday, 2004.

3.

Enrique Joven, El castillo de las estrellas, Barcelona, Roca Editorial, 2007.

4.

Nick Pelling y Enrique Joven, «La historia secreta del telescopio. Una visión española», Astronomía, n.º 113, 2008.

5.

Acrónimo de Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer, instrumento que dejó de utilizarse hace tiempo en el HST (Hubble Space Telescope).

6.

Acrónimo de International Traffic in Arms Regulations, conjunto de estrictas normas que controlan la exportación y venta de artículos y servicios de defensa en Estados Unidos.

7.

The dark side of the moon, 1973. Esta maravilla es el tercer álbum más vendido de la historia, tras el Thriller de Michael Jackson y el Back in black de AC/DC.

Fue el primer disco que compré en mi vida. Yo quería uno de los Bee Gees, pero, afortunadamente, mi primo me convenció a tiempo.

8.

Desgraciadamente, el primer cosmonauta en pasearse por el espacio, Alekséi Leonov, falleció en 2019. Y Michael Collins en 2021.

9.

Eureka, el blog de mi amigo y colega Daniel Marín: https://danielmarin.naukas.com/

10.

Hay muchas palabras similares para denominar casi el mismo aparato: espectroscopio, espectrógrafo, espectrofotómetro y espectrómetro. Tal vez alguna más. En astrofísica usamos habitualmente espectrógrafo.

11.

Parámetro moderno para medir la calidad de la atmósfera en las observaciones telescópicas. Se mide en grados de resolución angular. Así, un buen seeing de 0,4 segundos de arco (en observatorios como Mauna Kea, en Hawái, o La Palma, en Canarias) permite separar estrellas sin recurrir a técnicas especiales, como la novedosa óptica adaptativa. Es el pan de cada día en los observatorios.

12.

Los CCD son chips para hacer imagen digital, y su acrónimo se traduce malamente como «dispositivos de carga acoplada», con lo que, en la práctica, es mejor no traducir nada para no llevarse disgustos con Google u otros traductores.

13.

La Real Academia Española de la Lengua (RAE), fundada en 1713, tiene como lema fundacional «Limpia, fija y da esplendor», aunque a veces se utiliza

«Limpia, pule y da esplendor» de forma incorrecta. Es mi primer objetivo, una vez me jubile dentro de unos años.

14.

Bill Bryson, Una breve historia de casi todo, RBA, 2004.

15.

El artículo original se publicó en francés, en 1927, en los Annales de la Société Scientifique de Bruxelles. En 1931, por invitación del Journal Monthly Notices del Royal Astronomical Society, Lemaître lo tradujo al inglés, omitiendo algunos datos de interés, puesto que ya en 1929 Hubble había publicado en Estados Unidos su famoso trabajo «A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae» en PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences). Como dice el investigador Emilio Alfaro en su artículo acerca de la

Ley de Hubble-Lemaître: «Al césar lo que es del césar, y a monseñor lo que es de monseñor».

16.

El servicio militar obligatorio fue suprimido en España en 2001. En el proceso de transición, aquellos que no aprendimos a pegar tiros tuvimos que realizar una prestación social sustitutoria que consistía, básicamente, en trabajar gratis para algún organismo público o una ONG.

17.

Literalmente, en inglés: Extraordinary claims require extraordinary evidence (conocido por su acrónimo ECREE). Aunque se lo atribuyo a Abelson, otros autores se remontan al filósofo David Hume y al físico Pierre-Simon Laplace como sus creadores.

18.

El concepto de radiación de cuerpo negro se debe a Gustav Kirchoff y a Max Planck. Un cuerpo negro es un objeto teórico que absorbe toda la luz y la emite al calentarse. El mismo Sol puede considerarse un cuerpo negro, cambiando sus curvas de radiación espectral con la temperatura.

19.

Se dice que Dicke es también el inventor, o uno de los inventores, de la llamada

«técnica de amplificación lock-in» en electrónica para discriminar señales débiles. Supongo que no es de mucho interés aquí, pero yo me pasé media tesis doctoral utilizándola. Qué pequeño es el mundo y qué grande el universo.

20.

En español usamos indistintamente los términos «ondas gravitatorias» y «ondas gravitacionales». El primero es el clásico, como yo, y me gusta más, así que lo escribo aquí. El segundo se utiliza a partir de 2001, según el diccionario de la RAE.

21.

Brian Keating, Losing the Nobel Prize. A story of cosmology, ambition, and the perils of science's highest honor, Norton, 2018.

22.

La serie de Balmer es el conjunto de nueve líneas espectrales del hidrógeno, obtenidas por el suizo Johann Jacob Balmer de forma completamente empírica en 1885. Por aquel entonces, la mecánica cuántica no existía todavía.

23.

Aunque este es el acrónimo de Two Micron All-Sky Survey, dado que los datos corresponden a observaciones en el infrarrojo cerca de las 2 micras (μm) —en las bandas astronómicas denominadas J (1,25 μm), H (1,65 μm) y K (2,17 μm)

—, también alude al patrocinador principal del proyecto, que fue la Universidad de Massachusetts.

24.

Aunque esta sea la traducción habitual en español, tanto en México como en Chile utilizan «hoyo negro».

25.

En esta nota al pie, la equivalencia del pie: 1 pie (ft) son 30,48 centímetros.

26.

Si quieres saberlo todo sobre estos temas, el libro recomendado es, cómo no, Óptica, escrito por Justiniano Casas Peláez (1915-1998), el indiscutible padre de la óptica en España. No hay facultad de Físicas que no haya usado este texto en los últimos cuarenta años. Tuve la suerte de ser alumno suyo allá por 1984, año en el que se jubiló de su cátedra en la Universidad de Zaragoza.

27.

El Templo del Cielo (Barcelona, Roca Editorial, 2013) es una novela ambientada en la desconocida China del siglo XVII, cuando llegaron allí los primeros astrónomos europeos. Es también el nombre de un famoso templo de Pekín. Qué mejor título.

28.

Puedes leer Soñando estrellas. Así nació y se consolidó la astrofísica en España, de Francisco Sánchez, Instituto de Astrofísica de Canarias, 2019.

29.

No hay en La Palma, pero sí en Fuerteventura, donde bastaron dos ejemplares llevados por un vecino desde el norte de África en 1965 para que hoy sean una auténtica invasión. Se calcula que puede haber hasta un millón de ardillas en esa isla, donde campan a sus anchas al no tener depredadores. Hay un gran cuidado para que no pasen a otras islas canarias.

30.

https://www.nature.com/news/2010/101027/full/4671028a.html

31.

https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/details.html#?des=99942

32.

John Gribbin, Solos en el universo. El milagro de la vida en la Tierra, Barcelona, Pasado & Presente, 2012.

33.

Carlos Briones, ¿Estamos solos? En busca de otras vidas en el cosmos, Barcelona, Crítica, 2020.

34.

Mi edición: Vida inteligente en el universo, Carl Sagan y Iosif Shklovskii (Colección Muy Interesante, volumen 100, 1984). Le precede Vida en el universo (volumen 99), de los mismos autores. Al parecer, Sagan dobló el contenido original de Shklovskii en la traducción.

35.

Esto es una broma que supongo habrás entendido. Smith no es solo el apellido más común en inglés, es que además significa «herrero».

© 2022, Enrique Joven

Primera edición: mayo de 2022

© de esta edición: 2022, Roca Editorial de Libros, S. L.

Av. Marquès de l'Argentera 17, pral.

08003 Barcelona

actualidad@rocaeditorial.com

www.rocalibros.com

Composición digital: Pablo Barrio

ISBN: 9788418870699

Todos los derechos reservados. Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y

el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos públicos.

Índice

Prefacio

I. Érase una vez

II. Las cosas divinas

III. La edad oscura

IV. La edad de los milagros

V. Estrellas por un tubo

VI. … Y cometas

VII. … Y nuevos planetas

VIII. Selene

IX. Helios

X. Los viejos roqueros

XI. Lucha de gigantes

XII. La luz al principio del túnel

XIII. La luz al final del túnel

XIV. Los posos en el fondo de la taza

XV. Polvo de estrellas

XVI. El túnel sin luz

XVII. Espejito, espejito

XVIII. Los templos del cielo

XIX. Sin turbulencias

XX. El fin del mundo

XXI. Solos en el universo

XXII. Preguntas en expansión

XXIII. Eso que no entiende nadie

Algunas notas de interés

Document Outline

- Cover Page
- Cubierta
- Portada
- Acerca de…
- Dedicatoria
- Epígrafe
- Prefacio
- I. Érase una vez
- II. Las cosas divinas
- III. La edad oscura
- IV. La edad de los milagros
- V. Estrellas por un tubo
- VI. … Y cometas
- VII. … Y nuevos planetas
- VIII. Selene
- IX. Helios
- X. Los viejos roqueros
- XI. Lucha de gigantes
- XII. La luz al principio del túnel
- XIII. La luz al final del túnel
- XIV. Los posos en el fondo de la taza
- XV. Polvo de estrellas
- XVI. El túnel sin luz
- XVII. Espejito, espejito
- XVIII. Los templos del cielo
- XIX. Sin turbulencias
- XX. El fin del mundo
- XXI. Solos en el universo
- XXII. Preguntas en expansión
- XXIII. Eso que no entiende nadie
- Algunas notas de interés
- Notas
- Créditos